هندسة
الإمداد بالمياه
هندسة صحية
(١)

دكتور
محمد صادق العدوي
كلية الهندسة ــ جامعة الإسكندرية

هندسة

الإمداد بالمياه

هندسة صحية

(١)

دكتور
محمد صادق العدوي
كلية الهندسة ـ جامعة الإسكندرية



المقدمة

الماء مادة غرية ــ وجود حي بطبيعته ، فحركته المستمرة في الجداول والأنهار والمرتفعات تبرز الحياة في إحدى صورها المتواضعة الكريمة ، تنزل من عليائها وتسير في مجراها لتغذى كافة المخلوقات وتحافظ عليها ، والماء عنصر لا غنى عنه في حياتنا اليومية في مأكلنا ومشربنا ، ونظافة أجسادنا وملابسنا . والماء هو عصب الزراعة والصناعة والرخاء الاقتصادي ، والصفاء القلبى والذهنى والذاتى ، ينتقل به الإنسان من غبار المادة إلى نقاء السريرة .

يتكون جزىء الماء من ثلاث ذرات : ذرة من الأكسجين ، ودرتان من الهيدروجين ، ويرتبط هذا الثلاثى الذرى مع بعضه بما يسمى الرباط الإسهامى covalent bond ويتحد الثنائى اللطيف من الأكسجين والهيدروجين ويفنى كل منهما فى الآخر فى مظهر من أجمل مظاهر التوحيد ليعنونا الحياة فى كثيف من المياه . فكل ذرة من ذرات الهيدروجين تحتاج إلى إلكترون واحد ليصبح بنيانها مستقرا ؛ وكل ذرة من ذرات الأكسجين تحتاج إلى إثنين من الإلكترنات ليصبح بنيانها متوازنا ، فكل من الأكسجين والهيدروجين يفنى فى الآخر ليكونا هذا الوجود الحى الذى يمد كل شيء بالحياة ، فلا يظهر أمامك أكسجين أو هيدروجين ، ولكن ، وجه الحياه ، الماء .

وجزىء الماء مترابط فى بنيانه بقوة لا نظير لها وهى خاصية فريدة من خواص الماء ، وهذا ربما يعكس قدرة المياه على إذابة مواد كثيرة ، وهى التى تزيح عنا غُبار المادة ، تماماً كما تطهرنا روح الحياه من غُبار نفوسنا وأهوائنا وشبح الظلام من حولنا .

إن جميع الكائنات النباتية والبحرية والحيوانية والإنسانية ، تعتمد على المياه فى حياتها . إن الماء والحياة وجهان لحقيقة واحدة ، فكلاهما يحتاج إليه الإنسان ليتطهر به ، وينقّى به سَريرَته ، فالمياه تملأُ مجراها ، ثم تفيض سارية منه لتروى الأرض حولها ، وكذلك الحقيقة لا نهائية سرمدية فى معناها وجوهرها ، ينهل منها الإنسان بقدر تعطشه لها ، وبقدر إحساسه بالحاجة إليها ، ورغبته فى الإرتواء منها . فكلما اذداد تعطشاً للحقيقة ، أمده الله بفيض غزير منها .

إن المسطحات المائية وقد زاد تركيز التلوث فيها بدرجة مؤثرة تعكس تنوثاً خطيراً في التفكير البشرى ، ترد عليه الطبيعة بكوارث جديدة ومتكررة بصور مختلفه لم تكن مألوفة قبل ذلك . وكلاهما : المسطحات المائية والفكر البشرى في حاجة إلى تنقية وتصحيح حتى تعود الطبيعة إلى هدوئها بعد أن داسها العابثون بأقدامهم ومخلفاتهم .

هل يعود الفكر البشرى إلى صفائه ؟ ! . إن ينابيع العقل كلما كانت صافية هادئة ، فإنها تشبه سطح بحيرة من المياه اللامعة الساطعة ، تعكس لك آيات الحق صافية مضيئة فى الأفاق ، وفى نفسك ، وفى كل إنسان تقابله وتتعامل معه ، وفى كل الظروف والأحداث التى تتعرض لها فى حياتك اليومية . إن ينابيع العقل الصافية تُرفع دوما من قلوب حية طاهرة ، فلا تسمح للرياح العاتية من مشاكل الحياة ومصاعبها أن تؤثر على إحياء قلبك لأن هذا بدوره يعكر ينابيع فكرك ، ويهتز معه سطح بحيرة المياه المتكونة من هذه الينابيع فتحكم على أمور الحياة بصورة مشوهة غير واضحة ، وهكذا الحال حينما تتمكن تيارات الإنفعالات والغيرة والحسد والغضب من أن تغمر ملاذ السلام والسكينة للروح .

وكما يُخمدون الحريق بالمياه ؛ إطفىء لهيب الغضب بفيض من الصبر والتعقل . إن المياه تسير فى مجراها ، وتدور حول ما يعوق مسارها من عوائق ، أو تمر بلطف عليها فى مسارات حية متحركة ، ثم تعود إلى هدوئها فى مجراها الطبيعى ، فلا تساعد فى تلوث هذه المياه فتلوث هى بدورها ما يعوق طريقها ، بدلا من مناجاته .

إن حجراً يلقيه أى عابث فى بحيرة العقل ، ينشر تموجات سطحية تتسع وتمتد لمساحة كبيرة . فكن حذرا ولا تلقى بأحجار في بحيرات عقول الآخرين ، لأنك لا تستطيع أن توقف العواقب المعكرة الناتجة من ذلك .

لا تتعمد إهدار أو هدم ثقة الآخرين وآمالهم ، إن هذا الفعل له تأثير رهيب يفوق فى بشاعته قتل الجسد الفيزيقى للإنسان . ويمكن أن تتعرض مياه البحيرة للركود ، وتنمو الحشائش فيها وعلى جوانبها وتتعرض البحيرة للسدد ، وكذلك العقل ، إذا أظلم بنزعات النفس وشهواتها ، فإنه يقع فى شرك الأفكار الخبيثة ومتاهات الانفعالات اليومية . إن الخوف والإمتعاض ما هى إلا رودود أفعال سلبية لظلام العقل ، تتأصل وترسخ فى الأذهان فتستنزف كل الطاقات الحيوية فى الإنسان .

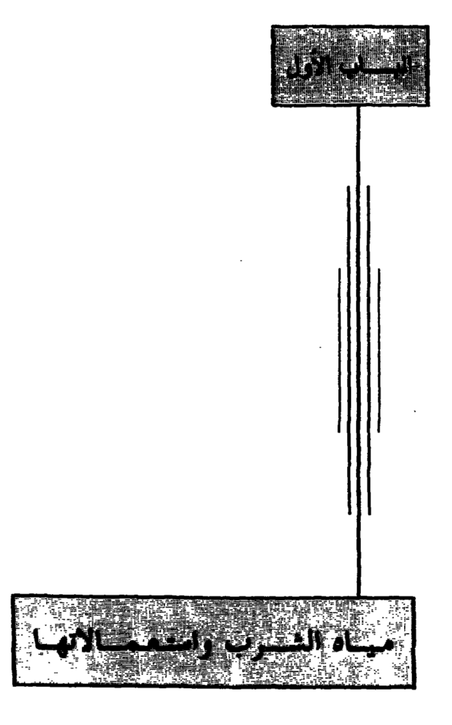
لذلك وجب على الإنسان أن يجتث النباتات الطفيلية من بحيرة عقله ، ويجعل مياهها صافية عذبة صالحة لارتواء النفس منها . والبحيرة فى صفائها لا تعكس إلا ما هو جميل . حاول أن تفكر دائما بإبداع بدلا من أن تترك الأفكار الخبيثة تهيم بك في كهوف ما وراء نطاق الوعي المظلمة المخيفة ، والق بشباكك الطاهرة في بحور المعرفة ليمكنك اصطياد الأسماك الحية المتلألئة ، إنها الأفكار المنيرة التي تنير للإنسان حياته .

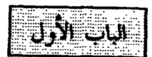
وقد أخذت المقدمة هذا النهج الإرشادى لتبين قيمة الماء وعظمته ، ولتغرس فيك بذرة المحبة لهذا الوجود الحيوى ، فتحافظ عليه ولا تهدره تلوثاً أو إسرافاً ، ومصادر المياه العذبة شبه ثابتة على مستوى كوكبنا الأرضى ، والطلب عليها يتزايد مع تقدم الإنسان وزيادة تعداده وأنشطته . وربما يكون هذا المرجع قد خرج عن الأسلوب النمطى للكتاب التعليمى ليشمل إلى جانب ذلك ما يحتاجه المهندس فى مراحل التخطيط والتصميم والتنفيذ ، وإلى جانب ذلك أضيف لهذا المرجع البابين السابع والثامن فى موضوعات مشتركة للإمداد بالمياه والصرف الصحى ، والباب السابع ، عن المواسير المستخدمة فى الهندسة الصحية عموماً ، سواء فى

التركيبات الصحية أو شبكات المياه الرئيسية أو شبكات الصرف الصحى . وشمل الباب الثامن بياناً لحماية العمال وسلامتهم فى كافة مجالات العمل الهندسى ، وهذا الموضوع له أهمية خاصةنظراً للأخطار المميتة والجسيمة التى يتعرض لها العمال أثناء تنفيذ المشروعات الهندسية .

ويأتى بعد هذا المرجع الجزء الثانى عن الصرف الصحى تجميعاً ومعالجةً واستعمالاً . وكلا الجزئين لم ولن يصلا إلى درجة الكمال والرضى ، ولكن لا شك أن فى محتواها ما يمكن أن يساعد الطالب والمهندس على وضع خطاه فى هذا الشق الحيوى من الدراسات الهندسية الإنسانية .

* * *


الباب الأول
مياه الشرب واستعمالاتها



الباب الأول

مياه الشرب

مصادر المياه :

للمياه دورة دائمة متصلة فى الطبيعة ، كدوام الحياة ؛ فمياه الأمطار التى تسقط على الأرض يتسرب جزء منها فى طبقات التربة العلوية ، ويتبخر منها نسبة صغيرة ، ويكوِّن ما تبقى منها مسطحات الأنهار والبحيرات . ويتسرب جزء من مياه الأنهار والبحيرات فى طبقات التربة ، ويتبخر جزء آخر من سطح المياه ، ومن النباتات المزروعة ، ويذهب الفائض سدى إلى البحار والمحيطات والتى تمثل النسبة الأكبر من مساحة الكرة الأرضية . ومن هذه المسطحات المائية الكبيرة ، تتبخر المياه بصفة مستمرة صاعدة إلى طبقات الجو العليا خاضعة للعوامل الجوية المختلفة لتسقط من جديد كمياه أمطار وتعيد دورة أخرى من دورات لا نهائية .

مياه الأمطار :

تمثل مياه الأمطار المصدر الرئيسى للمياه العذبة ، وتعتبر نقية عند بدء سقوطها من طبقات الجو العليا ، إلا أنها تتلوث بالغازات الصناعية وعلى الأخص المركبات الكبريتية وثانى أكسيد الكربون بحيث تصبح مياه الأمطار المتساقطة حمضية بدرجة ضعيفة ، وعندما تجرى على سطح الأرض وتتخلل طبقات التربة الصخرية تذيب بعض مكوناتها وتتغير تبعا لذلك طبيعة المياه وقد تصبح عسرة أو يسرة (قلوية أو حامضية) ، كما أن الأتربة وبعض المعلقات الموجودة بالجو تسقط مع مياه الأمطار خاصة فى بداية سقوطها .

وفى حالة ذوبان ثاني أكسيد الكربون فى مياه الأمطار ، تصبح حامضية

بدرجة تتوقف على كمية ثاني أكسيد الكربون المذابة فيها ، وعادة تكون خفيفة ، إلا أن خطورتها في كونها تذيب الرصاص سواء كان ضمن مكونات التربة ، أو عند سريان المياه في مواسير الرصاص ، ويجب أن توضع هذه الحقيقة في الاعتبار لخطورة مادة الرصاص على الصحة في حالة وجودها بتركيزات عالية في مياه الشرب .

ويمكن استعمال هذه المياه في حالة تجميعها بطريقة صحية لا تسبب تلوثها بعد دراسة معدلات سقوط مياه الأمطار ومدى ملاءمتها لاحتياجات المياه المطلوبة ودراسة تكاليف تجميع هذه المياه ومقارنتها بتكاليف استعمال مصادر المياه الأخرى . وعموماً تستعمل مياه الأمطار استعمالاً مباشراً في حالة عدم توافر المصادر الأخرى للمياه .

وعموماً فجميع مصادر المياه العذبة هي أصلاً مياه أمطار ، والتغير في معدلاتها السنوية ينعكس على نشاطات كثيرة كما هو الوضع في لبنان مثلاً ، فمياه الأمطار إذا نقصت معدلاتها في أحد السنوات تؤثر على معدلات الإمداد بالمياه وتؤثر أيضاً على توليد الطاقة الكهربية ، ومثال أوضح ما حدث من سنوات الجفاف الماضية في القارة الأفريقية .

وخلاصة هذه المقدمة أن الاستعمال المباشر لمياه الأمطار يحتاج إلى أعمال إنشائية للمساحات الكبيرة اللازمة لاستقبال هذه المياه ، ثم أحواض تناسب تخزين المياه بطريقة صحية تحافظ عليها من مصادر التلوث المحتملة .

المياه السطحية :

هي مياه الأنهار والبحيرات التي توجد عادة بكميات كافية ، وتكون قريبة من المناطق السكنية ، فالمجتمعات التي تكونت ونمت على مر العصور كانت دائما تبدأ في أحضان المصادر المائية .

ومياه البحيرات والأنهار وفروعها رغم أنها توجد في بلاد كثيرة بكميات كبيرة إلا أنها ملوثة وتحتاج إلى مراحل متتابعة من التنقية لترسيب وحجز المواد العالقة وتعقيم المياه بعد ذلك قبل توزيعها للاستعمال .

المياه الجوفية :

هي المياه التي تسربت خلال طبقات الأرض ، وتوجد قريبة أو بعيدة عن سطح الأرض في مساحات كبيرة تمتد لمئات الأميال وبسمك يصل إلى عشرات الأمتار ويتوقف ذلك على التكوين الجيولوجي للتربة .

والمياه الجوفية رغم أنها تكون في الغالب خالية من التلوث البكتريولوجي ، إلا أنها تحتاج لدراسات وتحليلات كاملة قبل السماح باستعمالها ، وكذلك بعد المياه الجوفية عن سطح الأرض لتحديد تكاليف وطريقة رفع المياه . وأهمية المياه الجوفية تزيد بصفة مستمرة مع زيادة الطلب على المياه لجميع الأغراض الزراعية والصناعية والبشرية ، وخاصة أن كميات المياه الجوفية تزيد بنسبة كبيرة عن مياه الأنهار والبحيرات كما يبين ذلك جدول (١) ، والذي يؤكد أهمية المياه الجوفية في المستقبل .

إستعمالات المياه :

١ ــ في الأغراض المنزلية وتشمل :

ــ الشرب

ــ إعداد الأطعمة وغسيل الأوانى .

ــ الوضوء والنظافة البشرية .

ــ الاستحمام .

ــ تنظيف المنازل .

ــ غسيل الملابس .

ــ غسيل السيارات .

— رى الحدائق الخاصة .
— رش الأرصفة المنزلية .
— أجهزة تكييف الهواء فى المناطق الحارة الجافة .

جدول (١)
كميات المياه على الكرة الأرضية

نوعية المياه	الحجم ١٠٠٠كم مكعب	النسبة المئوية
مياه في مكونات الغلاف الجوي	١٣	٠,٠٠١
مياه مالحة في البحار والمحيطات	١٣٢٠٠٠٠	٩٧,٢٠٠
مياه مالحة في البحيرات والبحار الداخلية	١٠٤	٠,٠٠٨
مياه عذبة في البحيرات	١٢٥	٠,٠٠٩
مياه عذبة في الأنهار وفروعها	١,٢٥	٠,٠٠٠١
مياه عذبة متجمدة في المرتفعات والمناطق القطبية	٢٩٠٠٠	٢,١٥
مياه في مكونات الكائنات الحية	٥٠	٠,٠٠٤
مياه ضمن مكونات التربة فوق منسوب المياه الجوفية	٦٧	٠,٠٠٥
مياه جوفية حتى عمق ٨٠٠ متر	٤٢٠٠	٠,٣١
مياه جوفية لعمق بين ٨٠٠ ، ٤٠٠٠ متر	٤٢٠٠	٠,٣١
المجموع	١٣٦٠٠٠٠	١٠٠,٠٠

٢ ــ فى الأغراض التجارية والصناعية وتشمل :

ــ المؤسسات والشركات الصناعية .

ــ محطات القوى .

ــ أحواض السفن وحظائر الطائرات .

ــ المحلات التجارية بأنواعها المختلفة .

ــ مبانى المكاتب التجارية .

ــ المطاعم والفنادق .

ــ المدارس .

ــ الجامعات .

ــ المستشفيات .

ــ المبانى العامة والحكومية .

٣ ــ في الأغراض العامة وتشمل :

ــ رش الشوارع .

ــ النوادى الرياضية .

ــ الحدائق العامة .

ــ مقاومة الحريق .

٤ ــ فى الزراعة وتشمل :

ــ الرى .

ــ تربية المواشى .

ــ تربية الدواجن .

الفاقد فى المياه : ويشمل : ــ

١ ــ تسرب المياه من الأجهزة الصحية .

٢ ــ الإسراف فى استعمال المياه بدون الاحساس بقيمتها .

٣ ــ التسرب من خزانات المياه .

٤ ــ الفائض من خزانات المياه فى حالة عدم اكتشاف أعطال محابس العوامة وأجهزة التحكم فيها .

٥ ــ التسرب من شبكة توزيع المياه العمومية .

٦ ــ التسرب من المحابس وحنفيات الحريق وحنفيات الغسيل .

ويتراوح الفاقد الإجمالى ما بين ٥ ٪ ، ٥٥ ٪ من معدل استهلاك المدينة .

معدلات الاستهلاك المنزلية : ــ

تختلف نسب المياه المستعملة في المنازل اختلافاً متبايناً من بلد لآخر ، ففى بعض المدن الأوربية مثلاً يمكن اعتبار النسب الآتية : ــ

٣٤ ٪ لكسح المراحيض .

٣٢ ٪ للمطابخ والشرب .

١٦ ٪ فى الحمامات .

١٥ ٪ غسيل الملابس .

٣ ٪ غسيل السيارات ورى النباتات المنزلية .

إلا أن هذه النسب قد تكون بعيدة عن نسب الاستعمالات فى منطقة الشرق الأوسط وفى الدول العربية على وجه الخصوص وذلك لاختلاف درجة الحرارة واختلاف عادات الناس وطبيعة معيشتهم ومتطلباتهم الدينية ، فترتفع نسبة المياه المستعملة فى الحمامات وغسيل الملابس فتكون تقريباً كالآتى : ــ

٢٥ ٪ لكسح المراحيض .

٢٨ ٪ للمطابخ والشرب .

٢٣ ٪ فى الحمامات .

٢٢ ٪ غسيل الملابس .

٢ ٪ غسيل السيارات .

وعلاوة على ذلك يجب مراعاة بعض الحالات الخاصة وما تحتاجه من مياه ، وعلى سبيل المثال : ــ

أ ــ كميات المياه المطلوبة للحدائق الخاصة فى بعض الفيلات .

ب ــ إحتياجات أجهزة التكييف فى المناطق الجافة الحارة والتى يمر فيها الهواء خلال رشاش مياه ويحتاج كل جهاز تكييف من هذا النوع إلى حوالى (١٠ ــ ٢٠) لتر / ساعة من المياه ، وهذا المعدل يعتبر كبيراً إذا قورن بمعدل استهلاك الفرد من المياه .

الدراسات الابتدائية لمشروعات الإمداد بالمياه :

وتمثل الأساس العلمي الفني والاقتصادي الذي يقام عليه هيكل المشروع لخدمة مدينة أو منطقة معينة ، وتشمل هذه الدراسات : ــ

١ ــ مصادر المياه المختلفة في المنطقة التي سينشأ فيها المشروع أو القرية منها .

٢ ــ تعداد السكان الحالي والزيادة المنتظرة في المستقبل خلال الفترة التي سيخدمها المشروع .

٣ ــ معدلات استهلاك المياه الحالية والتغيرات المنتظرة في هده المعدلات في المستقبل سواء بالنسبة للاستعمالات المنزلية أو استعمالات المياه في الصناعة .

٤ ــ اختيار المصدر المناسب للمياه في المنطقة .

٥ ــ الطريقة المناسبة لتجميع المياه .

٦ ــ أعمال تنقية المياه المقترحة ومواقعها .

٧ ــ توزيع المياه حسب احتياج كل منطقة .

٨ ــ الطرق المناسبة لتشغيل وصيانة وإدارة أعمال التجميع والتنقية والتوزيع .

دراسة الزيادة السكانية والخطة الصناعية في المستقبل : ــ

وتشمل دراسة معدلات زيادة السكان ، وعلاقتها بزيادة معدلات استهلاك

المياه المنتظرة للاستعمالات المنزلية والصناعية ، وتعتمد هذه الدراسة على : —

١ — المعلومات المدونة عن تعداد السكان في السنوات الماضية ، ويفضل أن تكون هذه المعلومات لأطول مدة ممكنة حتى تعطي فكرة شاملة عن معدلات نمو المدينة في الماضي ، ويساعد ذلك على تقدير تعداد السكان في المستقبل .

٢ — دراسة الخطة الصناعية الحالية والمستقبلية وتأثيرها على تعداد السكان ومعدلات استهلاك المياه .

٣ — دراسة التوسعات المنتظرة فى الرقعة السكنية داخل إطار التخطيط العام للمدينة ، والمستوى الاجتماعي للمناطق السكنية الجديدة .

تعداد السكان في المستقبل :

ويمكن حسابه بالاستعانة بالبيانات الخاصة بالتعداد للسنوات الماضية ، والظروف التي يمكن أن تؤثر على معدلات الزيادة السكانية في المستقبل .

والحصر الشامل لتعداد السكان يتم عادة كل عشر سنوات لأنه يحتاج إلى إعداد وتنظيم وتجميع وتحليل لمعلومات كثيرة ، لا يكون من اليسر القيام بها بصفة مستمرة ، إلا أن استعمال الحاسب الآلي وتطوره سيساعد على إتمام عمليات تعداد السكان على فترات متقاربة .

ويبين المثال الآتي تعداد مدينة خلال المائة عام الماضية والزيادات السكانية في هذه الفترة .

ويمكن تحليل هذه البيانات لتقدير تعداد السكان في المستقبل . وتستخدم طرق كثيرة لحساب التعداد أبرزها الطريقة الهندسية . **Geometric Method** حيث يمكن حساب تعداد المستقبل من العلاقة الآتية :

$$Pn = P(1 + r)^n$$

السنوات	التعداد بالألف	الزيادة بالألف	النسبة المئوية للزيادة
١٨٨٠	٦٥		
١٨٩٠	٧٣	٨	١٢,٣
١٩٠٠	٨٢	٩	١٢,٣
١٩١٠	٨٦	٤	٤,٩
١٩٢٠	٩٢	٦	٧
١٩٣٠	١٠٠	٨	٨,٧
١٩٤٠	٩٥	٥-	٥-
١٩٥٠	١١٠	١٥	١٥,٨
١٩٦٠	١٢١	١١	١٠
١٩٧٠	١٨٥	٦٤	٥٢,٩
١٩٨٠	٢٠٥	٢٠	١٠,٨

حيث :

Pn = التعداد بعد عدد n من الفترات الزمنية

(عادة تكون الفترة الزمنية ١٠ سنوات أو أقل) .

p = آخر تعداد .

n = عدد الفترات الزمنية .

r = متوسط نسبة الزيادة .

ويمكن تطبيق هذه المعادلة في المثال السابق باتباع الخطوات الآتية : —

١ — إستبعاد النسب السالبة مثل التي حدثت في الفترة الزمنية بين ١٩٣٠ ، ١٩٤٠ لأن تناقص تعداد السكان لا يحدث إلا في ظروف غير عادية

مثل الهجرة من المدينة أثناء الحروب أو انتشار الأوبئة .

٢ــ إستبعاد نسب الزيادة التي تزيد عن ٢٥ ٪ ، حيث أن الزيادة الكبيرة المفاجئة لا تحدث إلا لأسباب مؤقتة .

٣ ــ إيجاد متوسط نسبة الزيادة بعد إستبعاد النسب الغير عادية التي سبق ذكرها . وفي المثال تحذف نسبة الزيادة السالبة في الفترة من عام ١٩٣٠ ــ ١٩٤٠ ــ وكذلك نسبة الزيادة الكبيرة في الفترة من عام ١٩٦٠ ــ ١٩٧٠ ، وهي ٥٢,٩ ٪ . ويصبح متوسط نسبة الزيادة ١٠,٢٢٥ ٪ .

٤ ــ في القانون السابق لحساب التعداد في المستقبل :

$$Pn = P(1 + r)^n$$

$$P = 205000$$

$$r = 0.10225$$

ويمكن استنتاج هذا القانون كالآتي : ــ

لحساب تعداد ١٩٩٠ ، تكون $n = 1$.

$$\therefore P(1990) = P(1.10225)$$
$$= 205000\,(1.10225)$$
$$= 225961$$

ولحساب تعداد عام ٢٠٠٠ أي بعد فترتين زمنيتين يكون :

$$P_2\,(2000) = P(1 + 0.10225)^2$$
$$= 205000\,(1.10225)^2$$
$$= 249066$$

ولحساب تعداد عام ٢٠١٠ ، أي بعد ٣ فترات زمنية :

$$P_3\,(2010) = 205000\,(1.10225)^3 = 274533$$

وبنفس الطريقة يمكن حساب التعداد بعد أي عدد من الفترات الزمنية في

المستقبل ،

$$P_4\ (2020) = 205000\ (1.10225)^4 = 302604$$

$$P_5\ (2030) = 205000\ (1.10225)^5 = 333545$$

وهكذا .

الفترة الزمنية التي سيخدمها المشروع : —

يمكن تصميم مشروع الإمداد بالمياه ليخدم فترة من الزمن تناسب ظروف تمويل المشروع وتغيير العوامل التي تؤثر في حساب حجم المشروع وتكاليفه ومدى إمكانية تجديد أو عمل إضافات للمنشآت ، كلما احتاج الأمر لذلك ، ويؤثر في هذه الدراسات العمر الافتراضي لمنشآت المشروع .

ويراعي ألا يكون التصميم للاحتياجات الحالية فقط ، لأن معنى ذلك أن المشروع لن يناسب الزيادات المنتظرة في معدلات استهلاك المياه في المستقبل . وفي نفس الوقت لايكون التصميم لخدمة فترة زمنية أطول من اللازم ، لأن هذا معناه أن تتحمل الخطة الحالية لمثل هذه المنشآت عبئاً أكبر .

ويكون الهدف الأساسي لمهندس التصميم ، هو عمل التخطيط النهائي بحيث يتم تنفيذ المشروع ليلائم جميع احتياجات المياه في أي وقت ، وبأقل التكاليف .

العوامل التي تؤثر في معدلات استهلاك المياه :

١ — طبيعة الجو :

تزيد معدلات الاستهلاك في البلاد الحارة عنها في البلاد الباردة ، وذلك لنفس المستوى المعيشي والصناعي .

٢ — مستوى المعيشة :

تزيد معدلات الاستهلاك مع ارتفاع مستوى المعيشة .

٣ ــ التقدم الصناعي :

يؤثر مستوى الصناعة على معدلات الاستهلاك فيزيد بنسبة كبيرة في المناطق الصناعية ، حسب نوعية الصناعات ومدى احتياجاتها من المياه .

٤ ــ ضغط المياه في شبكات التوزيع :

يزيد معدل الاستهلاك مع زيادة ضغط المياه في الشبكات لنفس المنطقة .

٥ ــ ثمن المياه :

ينخفض معدل الاستهلاك كلما ارتفع ثمن المياه .

٦ ــ تجميع المياه المستعملة :

في حالة وجود أعمال تجميع متكاملة للصرف الصحي ، تزيد معدلات إستهلاك المياه .

٧ ــ حجم المدينة :

تزيد معدلات الاستهلاك عموماً في المدن الكبيرة حيث تحتوي على أنشطة صناعية ، ويكون مستواها المعيشي مرتفع .

٨ ــ نظام توزيع المياه :

يزيد معدل الاستهلاك في حالة التوزيع المستمر للمياه ، ويقل في حالة التوزيع المتقطع الذي يوجد عادة في المناطق التي تعاني من نقص مصادر المياه .

معدلات الإمداد بمياه الشرب :

تختلف معدلات إستهلاك المياه إختلافاً كبيراً حسب درجة تأثير كل من العوامل السابقة ، وتختلف أيضاً داخل المباني والمنشآت العامة عنها في الوحدات السكنية بحسب طبيعة هذه المنشآت ، ولا يمكن فرض قيمة محددة لمعدل استهلاك المياه في مبنى معين ولكن هناك معدلات تقديرية يمكن الاسترشاد بها في الجدول الآتى :

جدول (٢)
متوسط إحتياجات المباني للمياه
(لتر / شخصي / يوم /)

نـــوع المبنى	الاحتياج الكلى من المياه بارد + ساخن	المياه الساخنة
الوحدات السكنية	١٠٠ــ٢٨٠	٣٠ ــ ١٤٠
مبنى المكاتب (٨ ساعات عمل)	٤٥ ــ٧٥	١٠
المصانع (وردية ٨ ساعات)	٢٠ ــ ١٠٠	٥ ــ ٢٠
الفنادق (لكل غرفة)	١٠٠ــ٢٤٠	٤٠ ــ١٦
المطاعم والكافتريات (لكل وجبة)	٣٥	١٥
مغسل بالفنادق (لكل سرير فى اليوم)	١٣٠	٧٥
مغسل بالمستشفيات (لكل سرير فى اليوم)	٢٠٠	١١٥
المستشفيات (لكل سرير فى اليوم)	١١٠٠	٤٧٠
مدارس بدون دش أو كافتريا (لكل تلميذ)	٥٠	٧
مدارس بها كافتريا (لكل تلميذ)	٧٥	١٥
مدارس بها كافتريا وأدشاش (لكل تلميذ)	١٠٠	٤٠
المطارات (لكل راكب فى اليوم)	٢٠	٤
أماكن الاجتماعات	١٠	٢

ويراعى عند استعمال المياه الساخنة أن تكون درجة حرارتها كالآتى :

أ ــ ٥٠ درجة مئوية للوحدات السكنية .

ب ــ ٦٠ درجة مئوية في الكافتريات والمطاعم .

جـ ــ ٨٢ درجة مئوية فى المغاسل .

ويبين جدول (٣) معدلات إستهلاك المياه للحيوانات والطيور :

جدول (٣)

متوسط احتياجات المياه للحيوانات والطيور

أنواع الحيوانات والطيور	معدل استهلاك المياه اليومى
بقر الفريزيان	٨٠ لتر — ١٤٠ لتر لكل رأس
العجول	٦٠ لتر لكل رأس
الخرفان والماعز	٨ لتر لكل رأس
الخيول والبغال	٣٥ لتر لكل رأس
الدجاج البياض	٣٥ لتر لكل مائة دجاجة
دجاج التسمين	٢٥ لتر لكل مائة دجاجة
الدجاج الرومى	٨٠ لتر لكل مائة دجاجة
البط	٨٠ لتر لكل مائة بطة

التغير في معدلات الاستهلاك :

تختلف معدلات استهلاك المياه كما سبق تبعاً لعوامل كثيرة ، وتتغير أيضاً حسب فصول السنة وأيام الأسبوع ، ثم تختلف على مدار اليوم الواحد تبعاً لأنشطة الناس وعاداتهم . ويجب معرفة هذه المعدلات ليمكن بالاستعانة بها تصميم أعمال الإمداد المختلفة . وهذه المعدلات هي :

(أ) متوسط معدل الاستهلاك على مدار العام ، ويمكن حسابهبالنسبة للفرد بمعرفة : —

— مجموع استهلاكات المياه للمدينة في عام كامل .

— تعداد المدينة .

وبقسمة الاستهلاك الكلي للمدينة على عدد أيام السنة ثم قسمته على تعداد المدينة ، يكون الناتج هو متوسط معدل إستهلاك المياه للفرد على مدار السنة .

(ب) معدلات الاستهلاك القصوي الموسمية وتتراوح بين ١,٢ — ١,٦ من متوسط معدل الاستهلاك السنوي وتساوي مجموع الاستهلاك في موسم الاستهلاك القصوي مقسوماً على عدد أيام الموسم وعلى تعداد السكان .

(جـ) معدلات الاستهلاك القصوي الأسبوعية = (١,٢ – ٢) من متوسط معدل الاستهلاك السنوي .

(د) معدلات الاستهلاك القصوي اليومية = (١,٢ – ٤) من متوسط معدل الاستهلاك السنوي .

(هـ) = معدلات الاستهلاك القصوي في الساعة = (٢ – ٦) من متوسط معدل الاستهلاك السنوي .

مع الأخذ في الاعتبار أن معدلات الاستهلاك القصوي تكون أكبر في الحالات الآتية :

١ — في المناطق والمدن الصغيرة عنها في المدن الكبيرة .

٢ — في المناطق السكنية عنها في المناطق الصناعية .

إستخدام المياه في مقاومة الحريق :

تستخدم المياه لإطفاء الحرائق في المنسوجات والورق والخشب وما يماثلها وتتميز المياه بأنها تمتص كميات كبيرة من الحرارة وتتحول نسبة منها إلى بخار يسبب جواً ملبداً كثيفاً حيث أن حجم البخار يزيد مئات المرات عن حجم المياه المتبخرة .

ويجب عدم استخدام المياه في إطفاء الحرائق الناتجة عن ماس كهربائي أو التي يوجد فيها توصيلات كهربائية داخل الحريق ، إلا في حالة عدم وجود أي وسيلة إطفاء أخرى ، وفي هذه الحالة يجب قطع التيار الكهربائي ومراعاة الحرص التام أثناء الإطفاء .

ويمكن استخدام المياه في إطفاء الحرائق الناتجة من اشتعال الغازات المسيّلة ولكن من الأفضل وقف سريان الغاز إلى مكان الحريق مع البدء في عملية الإطفاء .

ومن الأفضل عدم استخدام المياه في حالة المعادن المشتعلة حيث يتطاير منها شظايا صغيرة الحجم مشتعلة تسبب أضراراً بالغة لرجال الإطفاء والمتواجدين بالقرب من موقع الحريق .

وفي حالة الاعتماد على المياه في مقاومة الحريق ، يجب التأكد من وجود مصادر كافية من المياه تناسب المعدلات اللازمة للإطفاء . وهذا هو العامل الرئيسي لأي نظام إطفاء يعتمد على المياه بحيث يمكن رفع المياه بالمعدلات والكميات والضغوط المطلوبة بأسرع ما يمكن إلى شبكة الإطفاء ، فالمياه في مواسير شبكات الاطفاء بمعدلاتها وضغوطها هي الحياة في قوتها ومقوماتها ، تقاوم وتمنع ما تحدثه النار من خسارة في الممتلكاتِ والأرواح .

الأساسيات الأولية لاستخدام المياه في الإطفاء :

١ ــ التأكد من مصادر المياه التي تكفي معدلات الاطفاء وكمية المياه اللازمة .

٢ ــ إختيار ضغط وحدات الرفع المناسب ، وكذلك قطر فم الخرطوم الملائم ، حيث أن الضغط إذا زاد بدرجة كبيرة يتسبب اندفاع المياه في إصابة أي شخص يتعرض له حتى رجال الاطفاء أنفسهم . وعلى العكس إذا كان الضغط ضعيفاً فإنه يتسبب في عدم تشغيل نظام الاطفاء بكفاءة وربما نتج عنه خسارة مادية وروحية كبيرة .

٣ ــ التأكد من جودة وكفاءة وحدات الرفع بما فيها وحدات احتياطي كافية .

٤ ــ الاعتماد على مصادر متنوعة من الطاقة في تشغيل وحدات الرفع ،

ويفضل استخدام وحدات رفع تدار بالديزل علاوة على الوحدات التي تدار بالكهرباء . وأحياناً يمكن الاعتماد على مولدات كهربائية لتشغيل وحدات الرفع في حالة انقطاع التيار الكهربائي ، وهذا قد يكون أفضل لإمكانية تشغيله بسرعة .

٥ ــ أقصى طول لمجموعة خراطيم الحريق الموصولة من حنفية واحدة لا يزيد عن ١٥٠ متر .

٦ ــ قطر حنفية الحريق والخرطوم يكون عادة ٦٣,٥ مم وقطر فوهة مخرج الخرطوم ١٩ مم .

٧ ــ لا يقل قطر مواسير المياه المركب عليها فرعات حنفيات الحريق عن ١٥ سم .

معدلات مياه الإطفاء :

يعتمد التصرف اللازم لمقاومة الحريق على عوامل كثيرة ، منها تعداد السكان وطبيعة المناطق السكنية بالمدينة ، وأهميتها لتحديد التصرف والضغط اللازم في شبكات المياه . وتستخدم طرق عديدة لحساب تصرف الحريق منها : ــ

(١) معادلة **Kuichling** : ــ

$$ت = ٣١٨٢ \sqrt{ع}$$ ، حيث :

ع = التعداد بالألف ،

ت = تصرف الحريق (لتر / دقيقة) .

(٢) $$ت = ٦٤ \sqrt{ع} \; (١ - ٠,٠١ \sqrt{ع})$$ ،

حيث : ــ

ع = التعداع بالألف .

ت = التصرف ، (لتر / ثانية) .

والطرق الأخرى المستخدمة في حساب معدلات المياه اللازمة للاطفاء تعطي تصرفات أكبر أو أصغر من المعادلات السابقة ، علاوة على أن كل دولة لها مواصفاتها ومعدلاتها الخاصة بها . وعلى أي حال فإن مهندس التصميم يقوم عادة بدراسة مفصلة عن :

١ ــ طبيعة المناطق المختلفة بالمدينة والكثافة السكانية بها .

٢ ــ مدى أهمية المناطق الصناعية والتجارية والأضرار المحتملة من الحرائق .

٣ ــ إختيار نوعيات حنفيات الحريق والمساحات التي تخدمها .

٤ ــ الضغط المناسب في شبكة توزيع المياه .

مثال :

إحسب معدل مياه الإطفاء لمدينة تعدادها نصف مليون نسمة بالطريقتين السابقتين الأولى والثانية .

الحل :

١ ــ باستخدام المعادلة الأولى :

ت = ٣١٨٢ √ع

= ٣١٨٢ √٥٠٠

= ٧١١٥٢ لتر / دقيقة

= ٧١,١٥٢ متر مكعب في الدقيقة

= ١١٨٦ لتر / ثانية

٢ ــ باستخدام المعادلة الثانية :

ت = ٦٤ √ع (١ − ٠,٠١ √ع)

= ٦٤ √٥٠٠ (١ − ٠,٠١ √٥٠٠)

= ١٤٣١,١ (١ − ٠,٢٢٤)

= ١١١١,١ لتر / ثانية

وواضح أن الإختلاف ليس كبيراً فى معدلات الإطفاء باستخدام الطريقتين .

صلاحية المياه للشرب :

تكون المياه صالحة للشرب في حالة خلوها من الملوثات الطبيعية والكيمائية والبكتريولوجية ، ويجب أن تكون مطابقة لمعايير مياه الشرب التي تحدد تركيزات للمواد التي تمثل خطورة على الصحة العامة .

والمياه الجوفية تكون عادة عرضة للتلوث الكيمائي ، أما المياه السطحية فتحتوي عادة على ملوثات كيمائية وبكتريولوجية ، ولذلك تحتاج هذه المياه إلى عمليات تنقية مناسبة قبل استعمالها في الأغراض المنزلية .

تعريف التلوث

التلوث هو وجود مواد في المياه من شأنها أن تتداخل بشكل مؤثر في استعمال أو أكثر من الإستعمالات الحيوية المفيدة للمياه .

مصادر التلوث

(١) مصادر طبيعية وتشمل :ـــ

أ ـــ ملوثات من الجو .

ب ـــ معادن ذائبة .

جـ ـــ تحلل البقايا النباتية .

د ـــ مياه الأمطار .

(٢) مصادر زراعية وتشمل : ـــ

أ ـــ نواتج النحر .

ب ـــ مخلفات البهايم .

جـ ـــ الأسمدة .

د ــ المبيدات .

هـ ــ مياه المصارف الزراعية .

(٣) المخلفات السائلة وتشمل : ــ

أ ــ مياه المجاري البشرية .

ب ــ المخلفات الصناعية .

جـ ــ صرف مياه الأمطار .

د ــ صرف مخلفات القوارب النهرية والسفن .

هـ ــ مخلفات محطات تنقية المياه .

(٤) مخلفات المناجم ، والتسرب من البرك والمياه الجوفية

المشاكل الناتجة من المواد السامة

يوجد ثلاثة مشاكل على الأقل من وجود المواد السامة في المياه : ــ

(١) التسمم الخطير ، الذي تظهر آثاره بسرعة خلال دقائق أو ساعات أو أيام قليلة ، ويكون ذلك بتناول جرعات كبيرة من السيانيد أو الزرنيخ أو الفلوريد وغيرها من المواد السامة . ويشمل هذا ، ما يحدث للأطفال من تسمم نتيجة تناول جرعات كبيرة من النيترات .

(٢) التسمم المزمن ، وهذا النوع لا يظهر أثره إلا بتناول المادة السامة بشكل مستمر لمدة طويلة ، والمواد التي تسبب هذا النوع تشمل المعادن والكيماويات العضوية التي تتراكم في الجسم على مدى شهور أو سنوات قبل أن تظهر الأعراض المرضية على المصاب ، وبعض هذه الإصابات يصعب الشفاء منها ، لعدم إمكانية تخلص الأجزاء المصابة من المواد التي تراكمت فيها ، ومثال المواد التي تسبب هذا النوع من التسمم هي : الرصاص والزئبق والكاديوم والزرنيخ وأنواع عديدة من الهيدروكربونات المكلورة ، مع الأخذ في الإعتبار آلاف المواد الكيمائية العضوية الجديدة التي أدخلتها الصناعة إلى البيئة .

(٣) العوامل الوراثية التي يحتمل أن يكون لها دور مثل تأثير المواد المشعة وتشوه الجنين الناتج من عقاقير معينة أو المواد الكيماوية الجديدة بما في ذلك الأنواع المختلفة من المبيدات .

المواد الكيمائية العضوية

بالنسبة لهذا النوع من المواد وتأثير وجوده في مياه الشرب ، فإن هناك أنواع جديدة كثيرة ، وليست هناك معرفة دقيقة محددة على تأثير تناول هذه المواد في مياه الشرب على المدى الطويل . إلا أن بعض هذه المواد مسببة للسرطان ، والبعض الآخر يغير في أساس تكوين الخلايا .

وتلاقى مواد Trihalomethanes في مياه الشرب أهمية خاصة في الوقت الحاضر لعلاقتها بمسببات الأمراض السرطانية ، على أساس أن هذه المواد ناتجة من إضافة الكلور للمياه التي تحتوى على تركيزات من المواد العضوية .

طرق التحكم في Trihalomethanes

١ ــ أبسط هذه الطرق هو إضافة الكلور في عملية التنقية بعد عملية الترشيح ، إذا لم تكن هناك ضرورة لإضافته في بداية التنقية . والغرض من ذلك هو خفض جرعة الكلور بوجه عام ؛ وإضافته بعد حجز نسبة كبيرة من المواد العضوية في عملية الترسيب والترشيح .

٢ ــ إضافة مسحوق الكربون المنشط قبل عملية الترسيب لامتصاص المواد العضوية ، وترسيبها في أحواض الترسيب وفي هذه الحالة يجب الاهتمام بكفاءة عملية المزج البطيء والترسيب لحجز أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة قبل عملية الترشيح .

٣ ــ استخدام مواد غير الكلور لتطهير المياه ، مثل : ــ

ــ الكلورامين .

ــ ثاني أكسيد الكلور .　　　　　ــ الأوزون .

والكلورامين تأثيرها ضعيف على البكتريا الممرضة والفيروسات ولذلك من الأفضل استخدامها مع مادة مطهرة أخرى في نهاية عملية التنقية كمطهر متبقى في المياه خلال شبكة التوزيع .

أما ثاني أكسيد الكلور فاستخدامه محدود في تطهير المياه ، ويستخدم عادة في التحكم في الطعم والرائحة ،

أما استخدام الأوزون فله فعالية كبيرة في تطهير المياه كمؤكسد قوي ، ولكنه باهظ التكاليف ، ولا يبقى منه في المياه تركيزا يضمن حمايتها من التلوث في شبكة التوزيع ، ولذلك يستخدم الكلور مع الأوزون كمادة ثانوية تبقى في المياه بعد المعالجة .

ومع استخدام الطرق السابقة للتحكم في هذه المواد الضارة ، يجب اتباع طرق أكثر دقة في الاختبارات المعملية ، ومتابعة التشغيل لتحديد نوعيات وتركيزات المواد الكيمائية بالمياه ، ومدى كفاءة مراحل التنقية في التخلص منها .

الاختبارات التي تجرى على المياه :

هي التي تجري سواء على مصادر المياه العذبة أو المياه التي مرت بمراحل التنقية المختلفة ، فالإختبارات التي تجرى على المياه العكرة هي الأساس الذي يتم عليه تصميم وتشغيل وحدات تنقية المياه . والاختبارات التي تجري على المياه بعد مراحل التنقية المختلفة تبين مدى كفاءة هذه الوحدات وتساعد على التحكم في تشغيلها للتأكد من عدم وجود أي تلوث بعد عملية التنقية .

وعموما تشمل الإختبارات التي تجرى على المياه : ــ

أ ــ اختبارات طبيعية :

وتشمل قياس درجة العكارة واللون والطعم والحرارة .

ب ــ إختبارات كيميائية : ــ

لمعرفة تركيز وقياس : ــ

ــ الكلور المتبقى .

ــ المواد الصلبة والأملاح بالمياه .

ــ عسر المياه بسبب أملاح الكالسيوم والماغنسيوم .

ــ درجة قلوية وحامضية الماء .

ــ أملاح الصوديوم .

ــ الحديد والمنجنيز والرصاص .

ــ المواد العضوية في صورها المختلفة وهي الأمونيا والنتريت والنترات بالاضافة إلى التأكد من خلو المياه من المواد السامة .

ج ــ اختبارات بكتريولوجية : ــ

لمعرفة تركيز ونوعيات الكائنات الحية الدقيقة في المياه حيث تسبب المياه الملوثة الإصابة ببعض الأمراض المعدية مثل التيفوئيد والكوليرا ، وبعض أمراض الجهاز الهضمي وأمراض كثيرة أخرى . كما تؤثر الطحالب التي توجد بكثرة في مياه النيل وفروعه في تشغيل وحدات تنقية المياه وخاصة المرشحات حيث تسبب سرعة انسداد فجوات طبقات الرمل وتحتاج المرشحات إلى غسيل بعد فترات تشغيل قصيرة مما يسبب استهلاك كميات كبيرة من المياه في غسيل المرشحات وتعطيل وحدات التنقية لفترات طويلة .

وعند إجراء هذه الاختبارات يتم تجميع العينات بطريقة تمنع وصول أي تلوث للعينة ، ويفضل أخذ العينة من حنفية أو محبس صغير ، ولا تصلح حنفيات الإطفاء لمثل هذه الاختبارات الدقيقة ، وعند أخذ العينة يتم فتح الحنفية لمدة لا تقل عن دقيقتين ، وتكون زجاجة العينة معقمة تماما ويجب الحرص التام لعدم تلوث فوهة الزجاجة أو حنفية المياه أثناء أخذ العينة خاصة من أصابع من يقوم بجمع هذه العينات .

وبالنسبة للمياه التي تحتوي على كلور ، يجب إزالة هذا الكلور أثناء أخذ العينة بإضافة كمية مناسبة من محلول الثيوسلفات (ثيوكبريتات) إلى زجاجات العينات قبل تعقيمها ، حيث أن إضافة هذه المادة يعادل الكلور الموجود بالمياه ويمنع إستمرار فعالية الكلور كمادة مطهرة بدءا من أخذ العينة وحتى إجراء التجارب عليها .

وتجرى بعض التحاليل البكتريولوجية والكيمائية يوميا ، صباحا ومساء لمراجعة جرعة الكلور المضافة لتطهير المياه وقياس الكلور المتبقى في المياه بعد عملية التنقية .

وتجرى مرتين في السنة على الأقل تحاليل كيمائية وبكتريولوجية كاملة للمياه . كما تجرى إختبارات أسبوعية على الأقل على عينات من شبكة توزيع المياه لمراجعة الكلور المتبقى وعمل الفحص البصرى لرائحة المياه ولونها وإجراء تحاليل بكتريولوجية للعد الكلى وعدد بكتريا القولون .

ويرجع إجراء هذه التجارب بصفة يومية أو أسبوعية أو نصف شهرية أو شهرية ، يرجع ذلك إلى تعداد المدينة ، ومصدر مياه الشرب ، وحسب ما يرى مهندس التشغيل أنه في حاجة لاجراء تجارب معينة عند ظهور مشاكل معينة إما في التشغيل أو في شبكات التوزيع .

وفي أعمال تنقية المياه يكون الهدف الرئيسي من الاختبارات التي تجرى على المياه : —

(أ) التأكد من أن المياه خالية من المواد العالقة وأن عملية التنقية تتم بطريقة سليمة .

(ب) مراجعة الخواص البكتريولوجية للمياه قبل التنقية وبعدها ، وذلك بصفة دورية .

(ج) حصر مصادر التلوث لدراستها والتحكم فيها .

(د) التاكد من وجود كلور متبقى في حدود ۰٫۲۰ جزء في المليون في المياه الخارجة من محطة التنقية إلى شبكة توزيع المياه ، ويفضل إجراء هذه التجربة بصفة مستمرة باستخدام جهاز يقوم بتسجيل الكلور المتبقى على مدار ٢٤ ساعة يوميا ، كما أنه يفضل إجراء التجربة مرة واحدة يوميا في بعض مناطق شبكة التوزيع .

درجة حامضية المياه :

تكون المياه حامضية إذا كان الأس الإيدروجيني (PH) ، أقل من ۷ . ومن أسباب حموضية الماء وجود ثاني أكسيد الكربون الذائب ، أو بعض الاحماض العضوية الناتجة من تحلل البقايا النباتية . كما أن تصريف المخلفات الصناعية التي تحتوي على أحماض في المسطحات المائية يزيد من درجة حموضية المياه . وتتسبب المياه الحامضية في صدأ المواسير الحديدية وتآكل المواسير والخزانات الخرسانية . كما أن الأخطر من ذلك كله أن هذه المياه تذيب بعض المواد الضارة بالصحة مثل النحاس والرصاص والزنك . وبالنسبة لمياه الشرب يفضل أن تكون ال PH بين ٦٫٥ ، ٨٫٥ .

الأس الأيدروجيني (رقم الحموضة) PH :

يعبر عن درجة حموضة أو قلوية الماء وأي محلول مائي ، فحينما تذوب أي مادة في المياه يتأين المحلول إلى أيونات الأيدروجين H^+ وأيونات الأيدروكسيد OH^- . ويكون المحلول حامضيًا إذا كانت أيونات الأيدروجين H^+ أكثر من أيونات الأيدروكسيد OH^- . ويكون المحلول قلويًا إذا كان الأيدروكسيد أكثر . ويكون المحلول متعادل إذا كان تركيز الأيدروجين والأيدروكسيد متساوي .

وقد وجد أنه بالنسبة للماء أو أي محلول مائي يكون حاصل ضرب تركيز أيونات الأيدروجين والأيدروكسيد يساوي مقدار ثابت وهو 10^{-14} ، أي :

$$(H^+)(OH^-) = 10^{-14}$$

وبالنسبة للماء المقطر النقي ، يكون تركيز أيونات الأيدروكسيد والأيدروجين متساوي ويكون تركيز أيونات الأيدروجين :

$$H^- = \sqrt{١٠^{-١٤}} = ١٠^{-٧}$$

وفي أي محلول مائي يمكن أن يعبر تركيز أيون الأيدروجين عن حالة القلوية و الحامضية لأن قيمة H^+ يمكن أن تستنتج منها قيمة OH^- .

ولسهولة التعبير عن الأس الأيدروجيني أو رقم الحموضة ، فإن أحد الباحثين Sorensen ، افترض أن الـ PH تساوي لوغارتم مقلوب الأيون الأيدروجيني ،

$$PH = \log_{10} \frac{1}{H^+}$$

وفي حالة المياه المقطرة النقية عندما يكون $H^+ = 10^{-7}$ يكون :

$$PH = \log \frac{1}{10^{-7}} = \log 10^7 = 7$$

وعندما تكون PH أكبر من ٧ ، تكون المياه أو المحلول المائي قلوي ، وعندما تكون PH أقل من ٧ ، تكون المياه حامضية .

درجة قلوية المياه :

تكون المياه قلوية لوجود أملاح الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيد والكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم في المياه ويعبر عن القلوية بقيمتها المكافئة للكالسيوم كربونات . ويمكن أن توجد القلوية في حالات تكون فيها PH أقل من درجة التعادل ٧ لتداخل المواد الكيمائية التي تحتوي على ثاني أكسيد الكربون والكالسيوم كربونات . ولدرجة القلوية أهمية في عملية ترويب المياه .

دلالة وجود بعض المواد الصلبة في المياه :

(١) وجود الأمونيا بتركيز أكبر من ٠,٠٨ جزء في المليون (نشادر زلالي) في المياه ، مع تركيز مماثل من النشادرالحر أو النشادر الملحي ، يدل هذا على التلوث بمياه المجاري ، إلا أن وجود النشادر الحر أو الملحي في مياه الآبار العميقة يكون لأسباب أخرى .

(٢) النترات Nitrates ، إذا وجدت في المياه بتركيز أكبر من خمسة جزء في المليون فإن هذا يدل على تعرض المياه للتلوث العضوي .

(٣) النتريت Nitrites : يدل وجوده على تلوث حديث بمياه المجاري .

معايير مياه الشرب :

حددت المعايير التي أوصت بها هيئة الصحة العالمية ، وكذا بعض المعايير الدولية تركيزات الأملاح والمواد الأخرى المسموح بها في مياه الشرب .

ويبين جدول (٤) معايير مياه الشرب ، مأخوذة من : ـ

أ ـ المعايير الهندية لمياه الشرب .

ب ـ مرفق الصحة العامة الأمريكية ١٩٦١ .

جـ ـ هيئة الصحة العالمية ١٩٦٣ ـ ١٩٧١ .

د ـ نقابة المهن الهندسية الأمريكية ١٩٧٢ .

هـ ـ وكالة حماية البيئة الأمريكية ١٩٧٥ .

ويوضح الجدول الأملاح والمواد السامة والضارة بالتركيزات المسموح بها في مياه الشرب ، وتختلف الأضرار الناتجة من استعمال المياه التي تحوي تركيزات أكبر من المسموح بها من مادة لأخرى فبعض المواد له تأثير سام مباشر مثل الرصاص والزئبق والسلينيوم ، والبعض الآخر له أضرار مباشرة لبعض أعضاء الجسم ، مثل الألومنيوم فيجب ألا يزيد تركيزه عن ٠,٠٥ جزء في المليون (Al) وبحد أقصى

جدول (٤) معايير مياه الشرب

المواد الذائبة بالمياه	أكبر تركيز مقبول بالمياه جزء في المليون	أقصى تركيز مسموح به جزء في المليون
المواد الصلبة الكلية	٥٠٠,٠٠	١٥٠٠,٠٠
الحديد	٠,٣٠	١,٠٠
المنجنيز	٠,٠٥	٠,٥٠
النحاس	٠,٠٥	١,٥٠
الزنك	٥,٠٠	١٥,٠٠
العسر الكلي	١٠٠,٠٠	٢٥٠,٠٠
الكلوريدات	٢٠٠,٠٠	٦٠٠,٠٠
الكبريتات	٢٠٠,٠٠	٤٠٠,٠٠
الأمونيا	٠,٥٠	–
النيتريت	١,٠٠	–
النترات	١٠,٠٠	–
الفلوريد	٠,٦٠	١,٢٠
الرصاص	–	٠,٠٥
الزرنيخ	٠,٠١	٠,٠٥
البورون (في مياه الري)	٠,٥٠	١,٠٠
الباريوم	–	١,٠٠
الكاديوم	–	٠,٠١
الكروم	–	٠,٠٥
الزئبق	–	٠,٠٠٢
السلينيوم	–	٠,٠١
الفضة	–	٠,٠٥
تراى هالوميثان	–	٠,١٠
إندرين	–	٠,٠٠٠٢
التوكسافين	–	٠,٠٠٥
اللندين (مبيد)	–	٠,٠٠٤

٠,٢٠ جزء في المليون لتأثيره على مرضى الكلى . والباريوم يؤثر على القلب والأوعية الدموية والأعصاب والكاديوم يتراكم في الكلية والكبد وله علاقة بارتفاع ضغط الدم ، كما أن نقص أو زيادة الفلور عن التركيزات الواردة بالجدول يسبب بعض أمراض الأسنان .

ولزيادة العسر الكلى والأملاح الكلية في المياه عن التركيزات المسموح بها في معايير مياه الشرب آثار عديدة نوجزها فيما يلي : —

١ — تآكل مواسير المياه الرئيسية والفرعية ووصلاتها ، وكذلك التوصيلات الداخلية بالوحدات السكنية ، والأجهزة الصحية .

٢ — بعض الأملاح مثل الحديد والمنجنيز تساعد على نمو بعض أنواع البكتريا في المياه حيث تلتصق بالسطح الداخلي للمواسير وتقلل من مقطعها .

٣ — احتمالات الاصابة بحصى الكلي نتيجة لترسيب بعض الأملاح بسبب شرب المياه ، ويزيد تأثير هذا العامل في المناطق الحارة والتي تعتمد أساسًا على المياه الجوفية في الشرب .

٤ — اضطرابات الجهاز الهضمي .

٥ — يسبب العسر في المياه عدم تحلل نسبة من الصابون ويزيد من استهلاكه ، ويكّون أملاح غير ذائبة من الكالسيوم والماغنسيوم تترسب على الجسم ، وتلتصق بمواسير الصرف .

٦ — بعض الناس يتأثر جلدهم بالمياه التي تحوي نسبة كبيرة من العسر .

٧ — استخدام هذه المياه يقلل من معدلات طهي الطعام ، حيث تترسب بعض الأملاح على أسطح اللحوم والخضروات فتسبب تصلبها وتمنع خروج العصارة منها أثناءالطهي .

٨ — يقل تركيز الشاي المعد في مياه عسرة بنسبة تصل إلى ٥٠ ٪ .

٩ ــ غسيل الملابس بمياه عسرة يقلل من عمر المنسوجات بنسبة تصل إلى ٧٥ ٪ .

١٠ ــ أملاح الحديد والمنجنيز قد تسبب إزالة ألوان صباغة الملابس .

١١ ــ استعمال هذه المياه في الغلايات يكّون ترسبات بالقاع والجوانب .

١٢ ــ استعمال هذه المياه في عمليات التصنيع يؤثر على جودة المنتجات الصناعية .

المعايير البكتريولوجية .

تشمل المعايير البكتريولوجية عادة وفي الحالات العامة نوعين من العد البكتيري :

(١) العدد الكلي البكتيري **Total Coliform Count**

وهو عدد بكتريا Coli-aerogenes في عينة بحجم معين من المياه وتشمل أنواع بكتريا القولون وغيرها .

(٢) عدد بكتريا القولون **Faecal Coliform Count**

ويعبر عن عدد بكتريا E. Coli . وهي التي تعيش في الأمعاء .

وقد وضعت هيئة الصحة العالمية معايير للمياه السطحية العكرة التي تغذى محطات تنقية المياه . وتتلخص هذه المعايير للمياه العكرة في الآتي : ــ

توصيف المياه	العد البكتيرى الكلى فى ١٠٠ سم مكعب	عدد بكتيريا القولون فى ١٠٠ سم مكعب
مياه تستخدم بعد عملية تطهير فقط.	حتى ٥٠	حتى ٢٠
مياه تحتاج تنقية بالترسيب والترشيح والتطهير.	٥٠ ــ ٥٠٠٠	٢٠ ــ ٢٠٠٠
مياه ملوثة تحتاج إلى مراحل متعددة من التنقية.	٥٠٠٠ــ٥٠٠٠٠	٢٠٠٠ــ٢٠٠٠٠
مياه شديدة التلوث ولا يصح استخدامها فى أغراض الشرب	أكبر من ٥٠٠٠٠	أكبر من ٢٠٠٠٠

وتجرى التحاليل البكتريولوجية على عينات من المياه الخارجة من محطة التنقية إلى المدينة وأيضا على عينة من شبكة التوزيع وذلك بصفة يومية في المدن التي يزيد تعدادها عن مائة ألف نسمة . وتجرى هذه التحاليل شهريا للمدن التي يقل تعدادها عن عشرون ألف نسمة .

ويجب ألا تحتوي عينة المياه وحجمها ١٠٠ سم مكعب أي بكتريا من نوع بكتريا القولون (E.Coli) ، ويجب أيضا ألا تحتوي عينة حجمها ١٠٠ سم مكعب بالنسبة للعد البكتيري الكلي على أكثر من ٣ (Coliform Organisms) . كما أنه يجب ألا توجد Coliform Organism في أكثر من ٥ ٪ من العينات المأخوذة من شبكة توزيع المياه على أساس أن هذه العينات تؤخذ أسبوعيا على الأقل .

وفي أي نقطة تؤخذ منها عينة مياه يجب مراعاة الطرق الفنية الصحيحة أثناء أخذ العينة وحفظها ونقلها وإجراء التجارب عليها ، وذلك حتى لا تتعرض عينة المياه للتلوث في إحدى هذه المراحل .

دلائل منظمة الصحة العالمية الخاصة بجودة مياه الشرب

أصدرت مؤخرا هيئة الصحة العالمية دلائل جديدة بجودة مياه الشرب تحل محل المعايير الدولية لمياه الشرب لمنظمة الصحة العالمية التي أصدرتها عام ١٩٧١ ، والمعايير الأوربية لسنة (١٩٧٠) التي بنيت عليها .

وكانت المعايير الدولية لمياه الشرب تستخدم على نطاق واسع منذ صدورها ، وكانت توصياتها تطبق في عدد من الدول ، بينما كانت تستعمل في بلدان أخرى كأساس لوضع معايير محلية .

ويهدف تغيير العنوان من معايير إلى دلائل ، بيان الطبيعة الاستشارية لتوصيات منظمة الصحة العالمية لكي لا تخلط على سبيل الخطأ بالمعايير القانونية

التي هي مسئولية السلطات المختصة في الدول فعلى عكس المعايير القديمة ، تدرك الدلائل جيدا الرغبة في اتباع أسلوب مقارنة المخاطرة بالفائدة (كمًا وكيفا) عند وضع السعايير واللوائح الوطنية . كما أن وضع معايير جودة المياه عملية بالغة الدقة تؤخذ فيها بعين الاعتبار المخاطر الصحية والعوامل الأخرى مثل الجدوى الفنية والاقتصادية .

وعند وضع هذه المعايير تؤخذ في الحسبان الاجراءات العملية التي سوف يلزم اتخاذها بخصوص إيجاد مصادر جديدة لإمدادات المياه وإدخال بعض أنواع معالجة المياه التي تناسب طبيعة المصادر الجديدة ، وعمل الترتيبات اللازمة للمراقبة الكافية وتنفيذ القوانين ، والمتابعة الجادة .

ثم إن المعايير لم تكن تتسم بالمرونة ، كما أن المشاكل التي تواجه توفير المياه النقية تزيد كثيرا في بعض الأقاليم عنها في أقاليم أخرى ، فهناك اختلافات بين الأقاليم ذات الموارد الكبيرة ، والأقاليم ذات الموارد المحدودة ، واختلاف في القدرات الفنية والموارد بين البلدان المتقدمة والبلاد النامية ، وكذلك اختلافات بين إمدادات المياه للمدن الكبيرة وإمدادات القرى والمناطق المنعزلة ، ويجب أن تؤخذ هذه الاختلافات في الحسبان عند وضع الاستراتيجيات بغية تحقيق النتائج المرجوة .

وتؤكد الدلائل على السلامة الجرثومية لمياه الشرب ، فلا يزال أكثر من نصف سكان العالم يشربون مياها تحتوي على جراثيم ممرضة . كما أن الأطفال الرضع وصغار السن وضعاف الأجسام والمسنين هم أكثر الفئات تعرضا لخطر الأمراض المنقولة بالماء

ومن الواضح أن برامج ضمان السلامة الكيميائية أو الصفات المذاقية لمياه الشرب ستحظى بأولوية ضئيلة بالضرورة ، إلا في الحالات التي يكون فيها من

الواضح أن هناك خطرا شديدا على إمداد المياه من جراء المخلفات الصناعية أو الصرف الزراعي.

وبينما تؤكد الدلائل الجديدة على أهمية المراقبة والمراجعة والاختبار فإنها تقر بأوجه قصورها لا سيما في حالة الإمدادات الصغيرة بالمياه . وقد أكدت الدلائل على أنه بالنسبة لهذه الإمدادات بالذات فإن المراقبة الصحية الروتينية والخطوات والإجراءات الوقائية الأخرى هي في الغالب الوسائل الوحيدة لاكتشاف مشاكل التلوث الظاهرة أو الكامنة ، وإتخاذ الإجراءات العلاجية .

وتوصى دلائل هيئة الصحة العالمية بما يلزم عمله في المجتمعات الصغيرة والمناطق المنعزلة لحماية إمدادات المياه وتحليلها ، لدراسة التلوث المحتمل ، لا سيما الجراثيم الممرضة .

وتشمل القيم الدليلة جودة المياه من الناحيتين الجراثيمية والحيوية لضمان عدم وجود جراثيم وفيروسات ممرضة ، وتوصى الدلائل بأن جميع أنواع إمدادات المياه سواء كانت منقولة بالأنابيب أو بدونها ، معالجة أو غير معالجة أو معبأة ، فينبغي أن تكون خالية من أية جراثيم قولونية برازية . غير أنه يسمح ببعض التجاوز فيما يتعلق بالأعداد الكلية للقولونيات ، ويتروواح ذلك بين عدم وجود القولونيات الكلية في المياه المعالجة التي تدخل شبكة توزيع إمدادات المياه المنقولة بالأنابيب ، وبين حد أقصاه ١٠ قولونيات في الامدادات غير المنقولة بالأنابيب .

ومن ناحية السلامة الكيمائية للمياه ، جرى تحديد حوالي ٨٠٠ مادة كيمائية عضوية وغير عضوية في مياه الشرب ، وليس من الممكن عمليا بسبب نقص المعطيات عن الآثار الصحية استنتاج قيم دليلة و بالتالي معايير لجميع هذه المواد .

والمتوافر حاليا هو الآثار الصحية لتسعة مكونات غير عضوية و ١٨ مكونا عضويا بحيث يمكن لهذه المواد التوصية بقيم دليلة . وقد أسست هذه القيم حيثما

أمكن على معدل افتراضي يومي لاستهلاك المياه للشرب قدره لتران لكل شخص . وعند التعرض للمادة الكيمائية ذاتها أخذ في الاعتبار أيضا أن القيم الدليلة يجب أن توفر الحماية طوال الحياة . وفي جميع الحالات صممت القيم الموصى بها بوجه خاص لحماية صحة الانسان ، وهي لهذا قد لا تكون كافية لحماية الأحياء المائية .

وبالنسبة لغالبية المواد الكيميائية التي تمت التوصية بقيم دليلة لها ، جرى استنتاج الأثر السمّي في الأنسان من دراسات أجريت على الحيوانات المخبرية وذلك على الرغم من الشكوك الكبيرة التي نجمت عن :

— الاستكمال الاستيفائي للمعطيات السمّية من الحيوانات للانسان .

— الاستكمال الاستيفائي من الجرعة العالية للجرعة المنخفضة كلما لم يجر التحقق تجريبيا من شكل المنحنى للجرعة مقابل الاستجابة .

— نقص المعلومات حول امتصاص الماء للمادة الكيميائية بالمقارنة مع الطرق الأخرى للتعرض ، كالطعام والهواء .

وبالنسبة لعدد من المواد الكيميائية ، تم استنتاج القيم الدليلة من الجرعة ذات الأثر غير الضار في الحيوانات (أو في الانسان عند توافر مثل هذه المعطيات) ، مع استخدام عامل للسلامة للوصول إلى مستوى مقبول للتعرض .

وقد أسست القيم الدليلة الموصى بها لعدد من المواد العضوية المُسَرطِنَة carcinogenic أو المشتبه في أنها مسرطنة ، على نموذج استكمالي استيفائي خطي متعدد المراحل . وهذه القيم الدليلة مبنية على اختيار مخاطرة مقبولة قدرها أقل من حالة سرطان إضافية لكل (١٠٠٠٠٠) من السكان ، كذلك مع الافتراض بأن الاستهلاك اليومي لمياه الشرب هو لتران لكل رجل وزنه ٧٠ كغ .

وفي حالة مبيدات الهوام pesticides ، جرى استنتاج القيم الدليلة من قيمة المدخول اليومي المقبول الذي حدد في الاجتماع المشترك بين منظمة الأغذية

والزراعة ومنظمة الصحة العالمية عن تركيزاتها بغرض عدم السماح بأكثر من ١ ٪ من المدخول اليومي المقبول في مياه الشرب . وحيث أن المدخول اليومي المقبول يتم تحديده على أساس التعرض طول الحياة ، فان الانحرافات القصيرة الأجل التي تزيد على القيمة ، مثلما يحدث نتيجة لعمليات مكافحة النواقل أو الأعشاب المائية ، يمكن قبولها ولكنها تتطلب مراقبة واختبارات مستمرة .

وفي ضوء المعلومات الحديثة أصبح من الضروري مراجعة بعض القيم . فعلى سبيل المثال فقد أظهرت المعطيات الحديثة أن الأطفال والرضع لديهم قابلية خاصة للآثار السمّية للرصاص ، ومن ثمّ كان لابد من تخفيض القيمة الدليلة لهذه المادة .

وقد تجمعت معلومات حديثة كثيرة منذ عام ١٩٧١ عن الآثار الصحية للمواد الكيميائية العضوية المركّبة في مياه الشرب . ولهذا أمكن إيجاد قيم دليلة لعدد من مبيدات الهوام ، والهدروكربونيات العطرية المتعددة النوى ، والألكانات المُكَلْوَرة ، وبعض الفينولات المكلورة ، والكلوروفورم .

وتخضع الصفات المذاقية لمياه الشرب إلى حد كبير للعوامل الاجتماعية والاقتصادية والثقافية ، التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند وضع معايير لهذه الصفات . وعندما تكون موارد المياه محدودة جدًا ، فان وضع الأولويات يحظى بأهمية كبرى ، ومن ثمّ يجب وضع هذه الأولويات تبعا لتأثيرها المباشر على الصحة .

وتعتمد القيم الدليلة للمواد المشعة في مياه الشرب على التوصيات الحديثة للجنة الدولية للحماية من الاشعاع . ثم أن القيم الدليلة الموصى بها للأنشطة الاجمالية لألفا وبيتا تنطبق على كل من النشاط الإشعاعي الطبيعي ، وأيّ نشاط إشعاعي يكون قد وصل إلى مصدر الماء نتيجة لأنشطة بشرية . وهي تمثل مستوى يمكن اعتبار الماء دونه شَرُوبًا دون الحاجة إلى فحوص شعاعية أكثر تعقيدًا .

ويجب ان تكون الدلائل مفيدة للحكومات إما في وضع معايير لمياه الشرب إذا لم تكن موجودة ، أو في تحديثها وتوسيعها إن كانت موجودة .

ما هي القيمة الدليلة ؟

• تمثل القيمة الدليلة تركيزا أو رقما يضمن قبول الماء من حيث المذاق دون أن يسبب أي خطر كبير على صحة المستهلك .

• تعرّف دلائل جودة مياه الشرب الجودة بأنها تلك النوعية الصالحة للاستهلاك البشري ولجميع الأغراض المنزلية العادية بما في ذلك النظافة الجسمانية .

• وعندما يحدث تجاوز لقيمة ارشادية فإن ذلك يتطلب (١) تحرّي السبب بغرض القيام باجراء تصحيحي (٢) طلب المشورة من السلطات المسؤولة عن الصحة العامة .

• وقد وضعت القيم الدليلة المحددة من أجل حماية الصحة على أساس استهلاك يدوم طيلة الحياة . ويمكن تحمل تعرضات قصيرة الأجل لمستويات أعلى من العناصر الكيميائية ، مثلما قد يحدث عقب حدوث تلوث عرضي ويعتمد المقدار والفترة اللذان يسمح بهما لتجاوز أية قيمة دليلة دون أن يؤثر ذلك على الصحة العامة ، على المادة موضع التجاوز .

• وعند وضع معايير وطنية لمياه الشرب على أساس دلائل منظمة الصحة العالمية ، من الضروري أن تؤخذ في الحسبان مجموعة من الظروف المحلية الجغرافية ، والاجتماعية والاقتصادية ، والغذائية ، والصناعية . وقد يؤدي ذلك إلى وضع معايير وطنية تختلف كثيرًا عن القيم الدليلة .

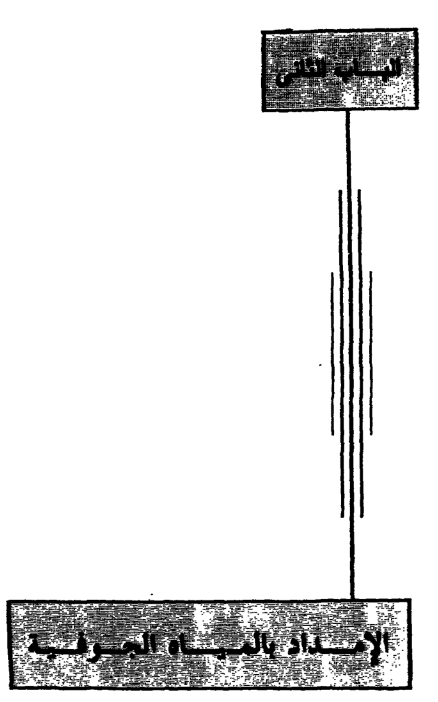
أمثلة للقيم الدليلة

الجودة الجرائيمية :

إمدادات المياه المنقولة بالأنابيب	العدد فى كل ١٠٠ مل
ـ مياه معالجة تدخل شبكة التوزيع .	ـ قولونيات برازية : صفر ـ جراثيم قولونية : صفر
ـ مياه غير معالجة تدخل شبكة التوزيع .	ـ قولونيات برازية : صفر ـ ٣ جراثيم قولونية فى أى عينة فردية ـ صفر فى أى عينتين متتاليتين
ـ مياه غير معالجة داخل شبكة التوزيع.	ـ صفر فى ٩٨٪ من العينات طول السنة ـ قولونيات برازية : صفر ـ ٣ جراثيم قولونية فى أى عينة مفردة ـ صفر فى أى عينتين متتاليتين ـ صفر فى ٩٥٪ من العينات طول السنة
ـ امدادات غير منقولة بالأنابيب .	ـ قولونيات برازية : صفر ـ جراثيم قولونية : ١٠
ـ مياه شرب معبأة فى قوارير .	ـ قولونيات برازية : صفر ـ جراثيم قولونية : صفر
ـ امدادات طارئة بمياه الشرب .	ـ قولونيات برازية : صفر ـ جراثيم قولونية : صفر

مكونات غير عضوية ذات أهمية بالنسبة للصحة	مغ / ل
الأرسنيق (الزرنيخ)	٠,٠٥
الكاديوم	٠,٠٠٥
الكروم	٠,٠٥
السيانيد	٠,١
الفلوريد	١,٥
الرصاص	٠,٠٥
الزئبق	٠,٠٠١
النترات (مقدرة بالأزوت)	١٠
السيلينيوم	٠,٠١

* * *



الباب الثاني

الإمداد بالمياه الجوفية

الباب الثاني

الإمداد بالمياه الجوفية

توجد المياه الجوفية بكميات كبيرة نسبيًا في طبقات التربة قريبة أو بعيدة عن سطح الأرض ، تسربت إلى هذه الطبقات على مر الأزمنة والعصور .

وتوجد هذه المياه على امتداد مسافات كبيرة شاسعة وبسمك يصل إلى عشرات الأمتار ، ويتوقف ذلك على التكوين الجيولوجي للتربة .

والمياه الجوفية ، خاصة البعيدة عن سطح الأرض تكون خالية من التلوث البكتريولوجي ، إلا أنها تحتاج لدراسات مستفيضة تشمل الآتي : —

أ — بعد الطبقات الحاملة للمياه من سطح الأرض ، وذلك لمعرفة طريقة رفعها ، وحساب تكاليف هذا الرفع .

ب — دراسة طبيعة الطبقات الحاملة للمياه من حيث أصل تكوينها ومعامل نفاذيتها ، مع عمل بعض آبار الاختبار لتقدير التصرفات الممكن سحبها من هذه الطبقات .

جـ — دراسة شاملة لخواص المياه الطبيعية والكيميائية والبكتريولوجية لمعرفة مدى ملاءمة المياه نفسيًا وصحيًا للاستعمال .

ولأن مصادر المياه العذبة شبه ثابتة ، في حين يزداد معدل استهلاك هذه المياه بصفة مستمرة مع الوقت ، نجد أن الاعتماد على المياه الجوفية سيزداد أيضًا في المستقبل القريب في جميع المجالات التي تستخدم فيها هذه المياه . وغالبية الدول تعتمد على المياه الجوفية في أغراض شتى ، وعلى سبيل المثال فالولايات المتحدة الأمريكية تعتمد على المياه الجوفية لسد الإحتياجات المنزلية لحوالي

نصف السكان وتعمتد كذلك على المياه الجوفية لسد احتياجات حوالي ثلث مياه الري .

أهمية المياه الجوفية في المستقبل :

بدأت أنظار الباحثين تتجه إلى المياه الجوفية ، مع بداية الأزمة العالمية في المواد الغذائية والاتجاه إلى التوسع الأفقي في الزراعة ، وفي نفس الوقت زيادة معدلات استهلاك المياه في الأغراض المنزلية والصناعية . وزاد من الإهتمام بالمياه الجوفية وجودها على الكرة الأرضية بكميات تزيد حوالي ثلاثون مرة عن المياه السطحية في الأنهار والبحيرات العذبة ، كما هو مبين بجدول (١) .

ومع زيادة الاحتياج للمياه بشكل عام ، بدأت الأنظار تتجه إلى مياه المجاري كإضافة لمصادر المياه ، وذلك باستخدامها في الري واستصلاح الأراضي ، وفي استعمالها بهذه الصورة تتسرب نسبة منها إلى المياه الجوفية لتغير من صفاتها بدرجات متفاوتة تعتمد على كمية مياه المجاري المتسربة وطبيعة التربة ومسار المياه فيها وبُعد المياه الجوفية عن سطح الأرض . إلا أنه رغم ذلك فوصول نسبة من مياه المجاري إلى المياه الجوفية أقل خطرًا من تصريفها في المياه السطحية للأسباب الآتية : ـــ

. في حالة صرف مياه المجاري بدون معالجة أو بعد المعالجة في المياه السطحية تبقى الأملاح والمعادن بها ، أما في حالة صرفها على الأرض فإن تسريبها خلال طبقات التربة يقلل من تركيز هذه الأملاح والمعادن بها ، بالاضافة إلى أن التربة تقوم بعملية ترشيح طبيعية تحجز المواد العالقة والبكتريا والفيروسات من مياه المجاري ، فإذا افترضنا أن كُلاً من المياه السطحية والمياه الجوفية سيحتاج إلى عملية تنقية خاصة في حالة وصول مياه المجاري إليها ، فإن تنقية المياه ستكون أبسط وأقل في التكاليف لأن نسبة الشوائب التي تصلها أقل . وتقودنا هذه الحقيقة إلى الاتجاه إلى دراسة طرق مبسطة لمعالجة المياه الجوفية من الشوائب التي يمكن أن تصل إليها بالاضافة إلى الأملاح المحتمل وجودها أصلا فيها .

خواص المياه الجوفية

يرتفع منسوب المياه الجوفية مع كميات المياه التي تصل للطبقات الحاملة للمياه بصورة موسمية أو دائمة ، وينخفض منسوب المياه الجوفية مع سحب المياه بمعدل كبير .

وتتغير خواص المياه الجوفية من موقع لآخر ، وتختلف في نفس الموقع بالنسبة للمياه المرفوعة من الأعماق المختلفة ، ومن نفس العمق تتغير أحيانًا مع معدلات الرفع الكبيرة .

وتعتمد مكونات وخواص المياه الجوفية على جميع العوامل التي صاحبت هذه المياه بداية من سقوطها كأمطار ، ثم سريانها خلال طبقات التربة المختلفة التكوين رأسيًا ثم أفقيًا ، وحتى رفعها للاستعمال ، وأهم هذه العوامل الأملاح والمعادن التي توجد في مكونات التربة والتي يذوب جزء منها في المياه الجوفية التي تمر بهذه التربة .

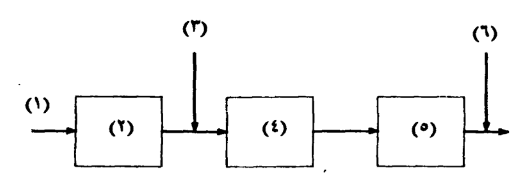
ويجب مراعاة أن التخلص من مياه المجاري في المناطق المنعزلة قد يؤثر على خواص المياه الجوفية التي تكون المصدر الأساسي للإمداد بالمياه في هذه المناطق . وعلى سبيل المثال فحوالي ثلث سكان الولايات المتحدة تعتمد على خزانات التحليل وملحقاتها في التخلص من مياه المجاري ، ويمكن أن ينتج عن ذلك تلوثا للمياه الجوفية .

المواد الذائبة

تترواح المواد الذائبة الكلية بين (١٠٠ ــ ١٠٠٠٠٠) جزء في المليون ، حسب العوامل المؤثرة في مكونات المياه الجوفية وطبيعتها .

وتوجد المواد الكيمائية بصورة طبيعية في المياه الجوفية مثل : الأملاح الذائبة ، والحديد ، والمنجنيز ، والفلوريد ، والزرنيخ ، وبعض المعادن . وتؤثر

الظروف الجوية والجيولوجية في المعادن الموجودة في المياه . وتصل بعض الأملاح للمياه الجوفية عن طريق ما يتسرب في التربة من مياه الري ، ومياه الأمطار ، ويتأكسد الحديد والمنجنيز الذائب في المياه عند تعرضها للجو ، وينتج عن ذلك عوالق صغيرة جدا من الصدأ تغير من لون المياه . ويمكن إزالة هذه الظاهرة بأكسدة الحديد والمنجنيز مع إضافة الكلورين أو برمنجنات البوتاسيوم ، وحجز العوالق المتكونة خلال عملية ترشيح لهذه المياه ؛ ويوضح شكل (١) رسما تخطيط لهذه العملية .



شكل (١)

رسم تخطيطي لإزالة الحديد والمنجنيز

(١) المياه المرفوعة من الآبار .
(٢) حوض تهوية .
(٣) إضافة الكلورين أو برمنجنات البوتاسيوم .
(٤) حوض تلامس لإتمام التفاعل .
(٥) مرشح .
(٦) إضافة الكلور .

عسر المياه : —

يوجد بتركيزات متفاوتة تزيد عادة في المياه الجوفية حسب مكونات طبقات التربة التي تمر خلالها المياه . وينقسم إلى : —

أ ــ عسر مؤقت : ــ

يسبب أملاح بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم التي تذيبها المياه المحتوية على ثاني أكسيد الكربون . ويمكن التخلص من هذا العسر بغلي المياه ويسبب هذا العسر تكوين طبقات من الصدأ داخل مواسير المياه الساخنة ، والغلايات .

ب ــ عسر دائم : ــ

بسبب أملاح ، كبريتات الكالسيوم ، كلوريد الكالسيوم أو كلوريد وكبريتات الماغنسيوم ، التي تذوب بصورة طبيعية في المياه ، طالما وجدت هذه الأملاح في التربة التي تمر بها المياه . ويبين الجدول الآتي درجات عسر الماء مقدرة بالملجم في اللتر .

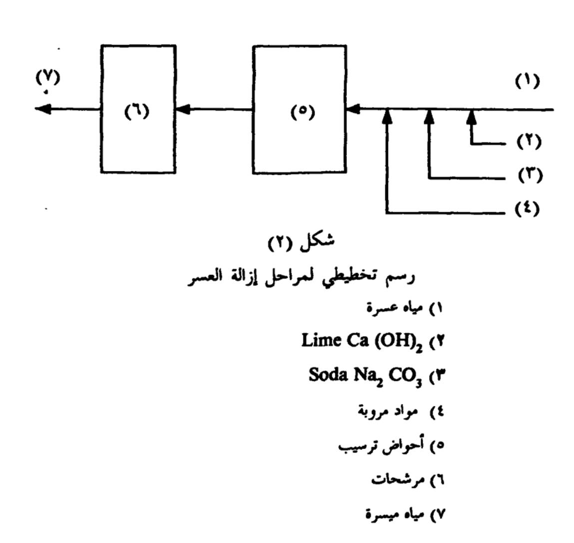
درجات عسـر الميـاه

تركيز العسر مجم / لتر As ($CaCo_3$)	درجة العسر
صفر ــ ٥٠	مياه يسرة .
٥٠ ــ ١٠٠	مياه متوسطة اليسر .
١٠٠ ــ ١٥٠	مياه بها عسورة خفيفة.
١٥٠ ــ ٢٠٠	مياه بها عسورة متوسطة.
٢٠٠ ــ ٣٠٠	مياه عسرة .
أكبر من ٣٠٠	مياه شديدة العسورة .

التخلص من العسر المؤقت :

يسبب غلي المياه التخلص من ثاني أكسيد الكربون ويتبع ذلك ترسيب كربونات الكالسيوم والماغنسيوم . وبدلاً من غلي المياه يمكن إضافة كميات صغيرة من محلول الجير للتخلص من ثاني أكسيد الكربون .

ويبين شكل (٢) مراحل إزالة عسر المياه بإضافة الجير والصودا الكاوية ، التي يمكن تحديد تركيزاتها بعد عمل تحليلات كاملة لمكونات المياه ، وأحيانًا تُظهر هذه التحليلات الحاجة إلى إضافة بعض المواد المروبة بتركيزات تعتمد أيضًا على مكونات المياه وخصائصها .



شكل (٢)

رسم تخطيطي لمراحل إزالة العسر

١) مياه عسرة

٢) Lime $Ca(OH)_2$

٣) Soda Na_2CO_3

٤) مواد مروبة

٥) أحواض ترسيب

٦) مرشحات

٧) مياه ميسرة

وتبين المعادلات الآتية التفاعلات المختلفة التي تتم في هذه العملية : —

أ) لإزالة كربونات الكالسيوم :

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

ب) لإزالة كربونات الماغنسيوم :

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O$$

ج) لإزالة عسر كبريتات الكالسيوم :

$$CaSO_4 + NaCO_3 \longrightarrow CaCO_3 + NaSO_4$$

د) لإزالة عسر كبريتات الماغنسيوم :

$$MgSo_4 + Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow Mg(OH)_2 + CaCO_3 + Na_2SO_4$$

هـ) لإزالة الجير المتبقي في المياه بعد إزالة العسر :

$$Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + 2NaOH$$

و) لإزالة ثانى أكسيد الكربون :

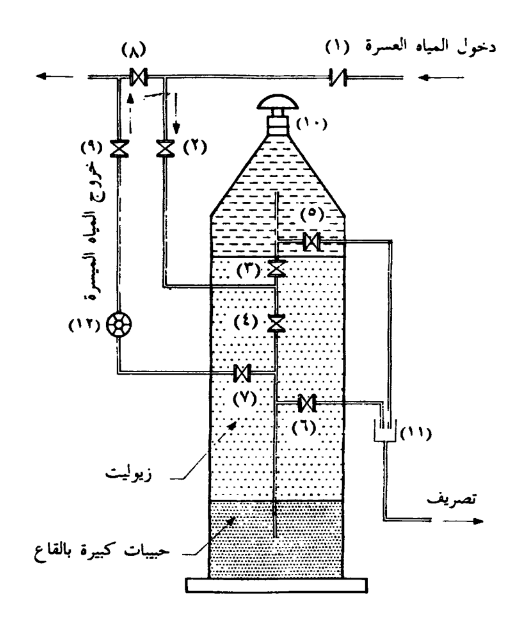
$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

طريقة التبادل الأيوني : Ion Exchange

تستخدم فيها مادة الزيوليت **Zeolite** ، وتوجد في صورة صلبة طبيعية **(Insoluble Sodium Aluminosilicates)** وتركيبها الكيمائي ($Na_2O.\ AL_2O_3.\ XSiO_2.\ yH_2O$) ، وهي مادة قابلة لتبادل أيونات الصوديوم مع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم .

وتستخدم مواد أكثر فعالية من الزيوليت الطبيعي وذلك بصهر الكاولين وكربونات الصوديوم والكوارتز .

ويبين شكل (٣) طريقة تشغيل الميسرات ، وهي تزيل العسر المؤقت والدائم ، بتمرير المياه المطلوب معالجتها على طبقات من الزيوليت وفي أثناء التشغيل يتم التفاعل كالآتي :



شكل (٣)

إزالة العسر بالتبادل الأيوني

Sodium Zeolite + Calcium Sulfate or Carbonate (in Water)

تتحول إلى ⟶

Calcium Zeolite + وتبقى في الميسرات

Sodium Sulfate or Carbonate تخرج ذائبة في المياه

وبعد تشغيل الجهاز لمدة تعتمد على :

أ ــ خواص المياه ودرجة العسر بها .

ب ــ درجة المعالجة المطلوبة .

بعد هذه المدة يتحول زيوليت الصوديوم إلى زيوليت الكاليسوم والماغنسيوم ويفقد قدرته على التفاعل مع الأملاح المسببة للعسر ، ويحتاج إلى إعادة تنشيط باستخدام محلول مركز من ملح الطعام ، وتشغيل الجهاز بطريقة عكسية كما يبين شكل (٣) ، لمدة حوالي نصف ساعة لتتحول أملاح زيوليت الكاليسوم والماغنسيوم إلى زيوليت الصوديم يبدأ بعدها الجهاز دورة تشغيل جديدة وهكذا .

وتصنع الميسرات من مواد تتحمل الضغوط الداخلية ، وتقاوم الصدأ والمواد الكيمائية . ويزود بالوصلات والمحابس اللازمة للتشغيل والموضحة بالشكل كالآتي : ــ

١) محبس عدم رجوع يسمح بمرور المياه في اتجاه الميسر فقط .

٢) إلى (٩) محابس قفل .

١٠) فتحة بطية لدخول الملح .

١١) تصريف مياه وغسيل .

١٢) عداد .

وفي أثناء مرحلة التشغيل تفتح الصمامات رقم ٢ ، ٣ ، ٧ ، ٩ .

وعند غسيل الميسر تفتح الصمامات ٤ ، ٥ ، ٨ ،٦ .

ويضاف الملح بعد ذلك من الفتحة رقم (١٠) مع قفل جميع الصمامات ما عدا رقم (٨) . ثم يعقب ذلك مرحلة غسيل بالملح بفتح الصمامات رقم ٢ ، ٣ ، ٦ ، ٨ . وبعد هذه المرحلة يعاد تشغيل المرشح بفتح الصمامات ٢ ، ٣ ، ٧ ، ٩ وهكذا .

الآبار السطحية والآبار العميقة : ــ

البئر السطحي هو الذي يستمد المياه من طبقة حاملة للمياه أعلى أول طبقة صماء ، ويكون منسوب سطح المياه في البئر في حالة عدم التشغيل مساوياً لمنسوب سطح المياه الجوفية ، ومساوياً للضغط الجوي ، شكل (٤ ــ أ) .

والبئر العميق يستمد المياه من طبقة حاملة للمياه محصورة بين طبقتين صمائتين ، شكل (٤ ــ ب).

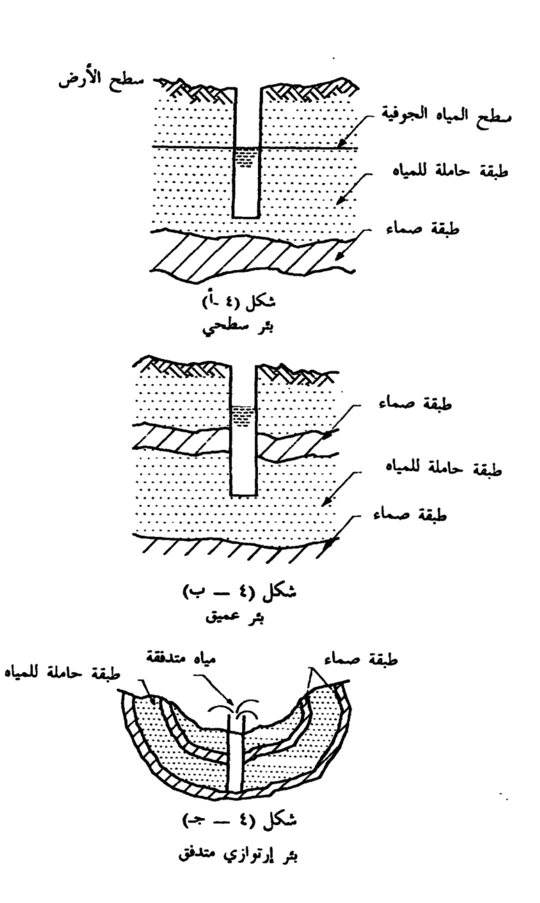
وليس لتسمية البئر أي علاقة بعمق البئر ، ولكن أساس التسمية يعتمد على طبيعة الطبقة الحاملة للمياه من حيث وجودها محصورة بين طبقتين صمائتين في حالة البئر العميق ، ووجودها أعلى أول طبقة صماء في حالة البئر السطحي .

ويبين شكل (٤ ــ جـ) بئر ارتوازي متدفق ، كما يبين شكل (٤ ــ د) بئر ارتوازي غير متدفق لا تصل المياه فيه لسطح الأرض .

وعند تعدد الطبقات الحاملة للمياه يمكن تركيب أكثر من مصفاة للبئر كما هو مبين في شكل (٤ ــ هـ) ، ومن مميزات هذه الطريقة : ــ

١ ــ زيادة تصرف البئر .

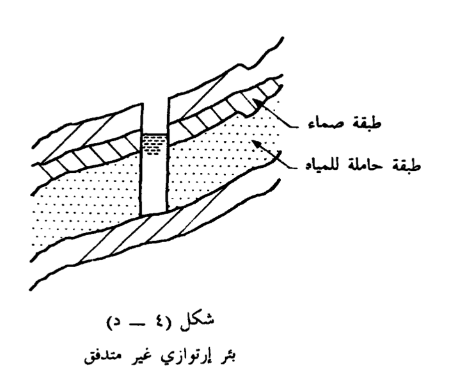
٢ ــ تحسين خواص المياه ، خاصة إذا كانت المياه في الطبقات السفلى الحاملة للمياه بها تركيز عالي من الأملاح ، في حين تكون الطبقات العليا عادة ذات تركيز أقل في الأملاح ، فيكون متوسط تركيز الأملاح في المياه المرفوعة من البئر أقل من تركيزها في الطبقات السفلى .



شكل (٤ -أ)
بئر سطحي

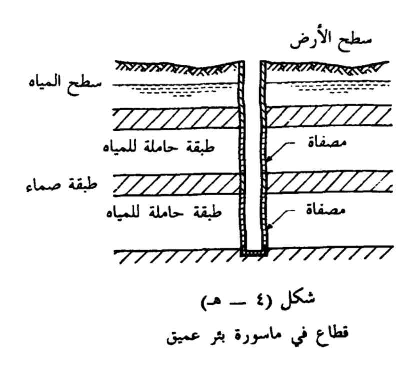
شكل (٤ — ب)
بئر عميق

شكل (٤ — جـ)
بئر إرتوازي متدفق



شكل (٤ ــ د)

بئر إرتوازي غير متدفق



شكل (٤ ــ هـ)

قطاع في ماسورة بئر عميق

إنشاء الآبار :

تنشأ الآبار بطرق كثيرة ، بسيطة ومعقدة ، منها المفحوتة يدوياً ، أو التي تستخدم في إنشائها معدات ميكانيكية كبيرة لعمل فتحات عميقة بالتربة الصخرية ، خاصة للآبار التي يصل عمقها لعشرات الأمتار ، وتعتمد طريقة الانشاء على عوامل كثيرة أهمها :

١ ــ بعد المياه الجوفية عن سطح الأرض .

٢ ــ مكونات وخواص التربة من سطح الأرض وحتى أسفل الطبقات الحاملة للمياه .

٣ ــ معدلات سحب المياه المطلوبة .

٤ ــ مصادر التلوث المحتملة في المنطقة .

وفي حالة وجود أحواض تحليل وبيارات وخنادق صرف بالمنطقة ، يكون موقع البئر بعيداً عنها بمسافة لا تقل عن ٣٠ متر إذا كان بئر مياه الشرب فوق التيار بالنسبة لسريان المياه الجوفية في اتجاه خزان التحليل . ولا تقل هذه المسافة عن ٦٠ متر إذا كان بئر مياه الشرب تحت التيار بالنسبة لحوض التحليل .

الآبار الرأسية :

ترتبط طريقة إنشاء البئر بمعدلات السحب المطلوبة وطبيعة التربة كما سبق بالاضافة إلى قطر البئر ، وفي حالة عدم توفر البيانات اللازمة ، يمكن مبدئياً الاسترشاد باقتراح Johnson الذي يعطي التصرفات المحتملة من الآبار ذات الأقطار المختلفة ، وهي تقريبية إلا أنها تساعد في اختيار قطر البئر الذي يناسب التصرف المطلوب . مع الأخذ في الاعتبار أن الآبار التي تعطي تصرفات يمكن الاعتماد عليها كمصدر للامداد بالمياه ، يتراوح عمقها بين (٢٠ ــ ٥٠٠) متر .

الآبار الأفقية :

تنشأ عادة في جوانب الجبال والمرتفعات للحصول على المياه المحصورة في

التصرفات المحتملة ١٠٠٠ متر مكعب / يوم	قطر البئر سم
أقل من ٠,٠٥	١٥
٠,٤٠ — ١	٢٠
٠,٨ — ٢	٢٥
٢ — ٣,٥	٣٠
٣ — ٥	٣٥
٤,٥ — ٧	٤٠
٦,٥ — ١٠	٥٠
٨,٥ — ١٧	٦٠

طبقات رأسية ، أو في طبقات تعلو طبقات صماء ، شكل (٥) .

وتنشأ الآبار الأفقية بطريقة مناسبة لا تؤثر على تماسك طبقات التربة وتكون مواسير الآبار بميل صغير لأسفل داخل الجبل لتصريف أي هواء يدخل الماسورة .

وتنشأ أحياناً مجموعة من الخنادق الأفقية القطرية شكل (٦) ، في اتجاه بئر مركزي رأسي لا يقل قطره عن ٤ متر ، وتكون الآبار الأفقية القطرية بطول (٣٠ — ٩٠) متر ، وتتكون من مواسير مثقبة قطرها (٢٠ — ٦٠) سم ، وطول الماسورة ٢ — ٤ متر . ويكون عدد الآبار الأفقية من ٤ — ١٦ . وتكون متماثلة بالنسبة لبئر التجميع الرأسي .

وفي حالة إنشاء الآبار الأفقية القطرية بجوار الأنهار ، يمكن تخطيطها كمجموعات متتالية على طول الشاطىء .

وينشأ أحياناً بئر رأسي يمتد لمسافة مناسبة تحت سطح المياه الجوفية (شكل ٧) ، ثم يمتد من قاع البئر خندق أفقي إلى حوض لتجميع المياه . وتستخدم هذه الطريقة لتجميع المياه الجوفية في بلدان كثيرة في الحالات التي تسمح فيها : ـــ

أ ـــ طبيعة التربة .

ب ـــ الطبقات الحاملة للمياه وبعدها عن سطح الأرض .

جـ ـــ مناسيب سطح الأرض .

وينشأ البئر الرأسي الذي يصل المياه الجوفية في بداية الخندق بعمق يبدأ من أمتار قليلة ويصل أحياناً لعشرات الأمتار حسب طبيعة المنطقة ، وينشأ الخندق بقطاع مستطيل أو مربع أو بأي شكل آخر مناسب بحيث تكون أبعاده كافية للحركة بداخله . وتنشأ فتحات رأسية من سطح الأرض تصل للخندق على مسافات أفقية مناسبة وذلك للمساعدة في تهوية الخندق وصيانته . أما طول الخندق فيتوقف على طبيعة المنطقة وظروف وحجم المشروع ، ويمكن أن يصل طول الخندق لعدة كليومترات .

مصافي الآبار :

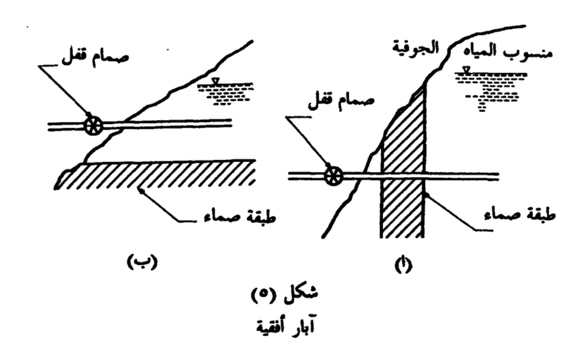
تستخدم أنواع عديدة تتناسب مع طبيعة التربة من جهة ، ومع قطر البئر وعمقه من ناحية أخرى .

ويفضل في حالات كثيرة استخدام غلاف من الزلط حول المصافي شكل (٨) ، بسمك ١٥ ـــ ٢٥ سم ، يبدأ من قاع البئر ويصل إلى حوالي ٣ متر أعلى نهاية المصافي . ويساعد استخدام غلاف الزلط في : ـــ

١ ـــ زيادة فتحات المصافي .

٢ ـــ منع الرمال من دخول البئر مع المياه .

٣ ـــ خفض الفواقد في الضغط .



شكل (٥)
آبار أفقية

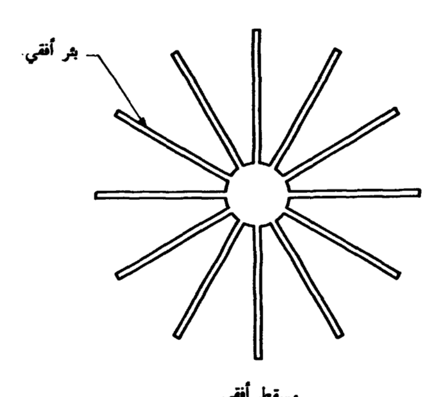
٤ ــ زيادة المساحة الفعلية التي تدخل منها المياه للبئر ، وما يتبعها من زيادة التصرفات .

وتستخدم هذه الطريقة في حالات الإمداد بالمياه بمعدلات كبيرة ، وتتم عملية الانشاء كالآتي : ــ

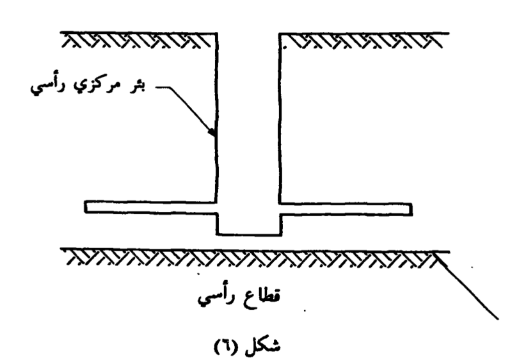
أ ــ دق الماسورة الخارجية (الغلاف الخارجي) للبئر لمنسوب قاع البئر المقترح .

ب ــ إنزال ماسورة البئر الداخلية بما فيها من مصافي داخل الماسورة الخارجية .

جـ ــ يملأ الفراغ بين الماسورتين بالزلط وبالتدريج في نفس الوقت الذي ترفع فيه الماسورة الخارجية . وتستمر طبقة الزلط حتى مسافة لا تقل عن ٣ متر فوق



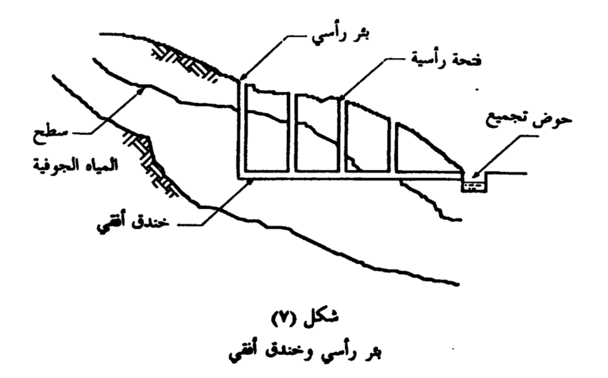
مسقط أفقي



قطاع رأسي

شكل (٦)

آبار أفقية قطرية

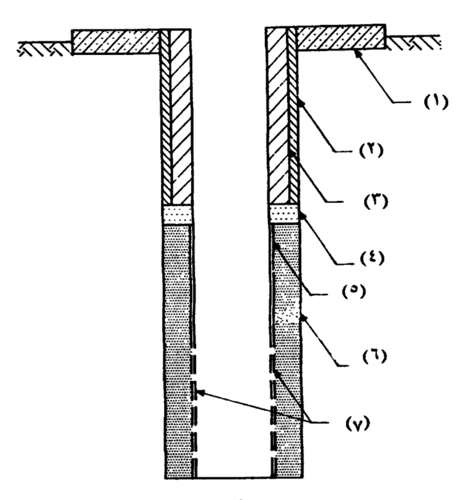


شكل (٧)
بئر رأسي وخندق أفقي

نهاية المصافي العلوية . ثم يعلو طبقة الزلط ، طبقة من الرمل بارتفاع لا يقل عن ٣٠ سم لمنع سقوط الأتربة في فجوات الزلط .

د ــ يترك جزء من الماسورة الخارجية أحياناً حول البئر ابتداء من ٥٠ سم فوق سطح طبقة الزلط ، وحتى سطح الأرض ، وتملأ المسافة بين الماسورة الخارجية ، وماسورة البئر في هذا الجزء العلوي بطبقة متماسكة من لباني الاسمنت بنسبة طن اسمنت لكل ٥٠٠ لتر مياه ، مع إضافة بعض المواد الطينية التي تساعد في عدم تصلب محلول الاسمنت بسرعة تتداخل في صبها . والغرض من هذه الطبقة : ــ

١ ــ حماية البئر من التلوث من أي مصادر خارجية محتملة .
٢ ــ تساعد على تثبيت ماسورة البئر الداخلية .
٣ ــ تحمي ماسورة البئر من التآكل من الخارج .



شكل (٨)

تفاصيل مصافي البئر

(١) بلاطة خرسانية ترتفع ٣٠ سم حول البئر بقطر ٣ متر

(٢) ماسورة غلاف البئر الخارجي

(٣) حائط غير منفذ بارتفاع لا يقل عن ٣ متر

(٤) رمل بارتفاع لا يقل عن ٣٠ سم

(٥) ماسورة البئر الداخلية

(٦) غلاف من الزلط حول المصافي

(٧) مصافي البئر

سرعة المياه خلال المصافي : ــ

في التقدير المبدئي لسرعة المياه خلال فتحات المصافي ، يجب اعتبار أن حوالي ٥٠ ٪ من مساحة الفتحات معرضة للسدد بسبب حبيبات التربة التي تصل للفتحات مع المياه .

وقد اقترح Walton سرعات للمياه خلال فتحات المصافي تعتمد على نفاذية التربة ، وضمنها بالجدول (٥) .

جدول (٥)

سرعة المياه خلال المصافى

معامل النفاذية ، متر / يوم	أكبر سرعة مسموح بها خلال فتحات المصافى ، سم / ثانية
أقل من ٢٠	١,٠
٢٠	١,٥
٤٠	٢,٠
٨٠	٣,٠
١٢٠	٤,٠
١٦٠	٤,٥
٢٠٠	٥,٠
٢٤٠	٥,٥
أكبر من ٢٤٠	٦,٠

وبعد اختيار السرعة المناسبة من الجدول ، يمكن اختيار الطول الكلي للمصافي من واقع الفتحات الفعلية وهي حوالي ٥٠ ٪ .

ويتبع ذلك تحديد فتحات المصافي من واقع التدرج الحبيبي للطبقة الحاملة للمياه . فإذا كانت هذه الطبقة متجانسة ولها معامل انتظام أقل من ٣ ، يمكن اختيار فتحات المصافي مساوية D_{40} إذا كانت المياه الجوفية لا تحتوي على مواد مسببة للصدأ ، وفي حالة احتمال صدأ فتحات المصافي يفضل أن تكون هذه الفتحات مساوية D_{50} وهي فتحة المنخل التي تحجز ٥٠ ٪ من مكونات التربة .

وفي حالة التربة الرملية الزلطية تكون فتحات المصافي بين D_{30}, D_{50} وهي فتحات المنخل التي تحجز بين (٣٠ – ٥٠) ٪ من مكونات الرمل فقط وفي حالة استخدام طبقات من الزلط حول المصافي يمكن اختيار فتحات المصافي مساوية D_{90} الخاصة بالزلط .

ويمكن اختيار حجم الزلط حول المصافي بحيث يكون D_{50} للزلط مساوية ٥ مرات D_{50} الخاصة بمكونات الطبقة الحاملة للمياه .

تهيئة البئر للتشغيل : –

يتعرض البئر أثناء التنفيذ للتلوث من الأتربة والمصادر الخارجية من المياه السطحية وأدوات التنفيذ ، ويجب تطهير البئر والطبقة المحيطة به من أي أثر لهذا التلوث والأتربة ، وذلك بالرفع المتقطع للمياه من البئر والتي تسمح للأتربة في الطبقة المحيطة بدخول البئر ليمكن رفعها مع المياه ، ويجب أن يبدأ الرفع بمعدل صغير جداً ثم يتزايد بعد ذلك لمنع التأثير على فتحات المصافي .

ويمكن توجيه مياه تحت ضغط أو هواء مضغوط لداخل البئر أثناء عملية الرفع ليساعد ذلك على تطهير البئر من أي مواد تكون عالقة بالأسطح الداخلية أثناء عملية الإنشاء ، وتساعد على مزج الأتربة المترسبة بالقاع وحملها مع المياه أثناء الرفع .

وبعد تطهير البئر من الأتربة ، يستخدم الكلور بتركيز (٥٠ – ٢٠٠) جزء في المليون للقضاء على أي ملوثات تكون بداخل البئر ، بحيث تبقى هذه المياه

بالبئر لعدة ساعات ثم يصير رفع المياه من البئر لمدة نصف ساعة بحيث تصرف هذه المياه ولا يسمح باستعمالها لزيادة تركيز الكلور بها ، ثم يجري تحليل شامل لمياه البئر للتأكد من خلوها من التلوث قبل السماح باستعمالها ، فإذا كان لا يزال بها مواد ملوثة ، تعاد عملية التطهير بالكلور حتى تُظهر التحليلات خلو مياه البئر من التلوث ثم يُسمح باستعمالها .

ويتعرض البئر للتلوث أيضاً أثناء تشغيله من أثر إصلاح وصيانة البئر وصيانة وحدات الرفع ، ويجب تطهير البئر بالطريقة السابقة قبل إعادة تشغيله .

تلوث المياه الجوفية : ـــ

تتعرض المياه الجوفية وخاصة تلك التي في الطبقات السطحية للتلوث من المصادر الآتية : ـــ

١ ـــ تسريب المياه الملوثة من المزارع وزرائب تربية الماشية .
٢ ـــ بيارات وخنادق التصريف الملحقة بأحواض التحليل .
٣ ـــ مواقع التخلص من مياه المجاري .
٤ ـــ مواقع التخلص من رواسب المجاري .
٥ ـــ مواقع التخلص من القمامة .
٦ ـــ مناطق البترول والمناجم .
٧ ـــ المسطحات المائية الملوثة .
٨ ـــ مياه البحار والمحيطات .

هذا بخلاف ما قد يكون في المياه الجوفية أصلاً من أملاح ومركبات أخرى نتيجة مرورها في طبقات التربة . ويجب عمل تحليلات دورية لمياه الآبار للتأكد من خلوها من الملوثات . وللحصول على عينة من المياه لتحليلها يجب اتباع الآتي : ـــ

أ ــ تكون زجاجة العينة معقمة تماماً بواسطة الأخصائيين بمعمل التحليلات .

ب ــ في حالة أخذ عينة من حنفية مياه ، يجب التأكد من عدم تسرب مياه على الحنفية من خارجها ، ثم تترك مفتوحة مدة لا تقل عن دقيقة قبل أخذ العينة .

جـ ــ بعد جمع العينة ، يجب التأكد من عدم تلوث غطاء الزجاجة أو وصول أي قطرات ملوثة بخلاف العينة .

د ــ تُنقل زجاجات العينات إلى معامل التحليل بأسرع ما يمكن وبطريقة لا تؤثر على خصائص المياه ، وبحيث يتم تحديد طريقة نقل العينات بواسطة الفنيين المسئولين عن إجراء هذه التحليلات .

صيانة الآبار : ــ

يتعرض البئر منذ بدء تشغيله لبعض المتاعب الناتجة من مكونات المياه الجوفية ، وعلى سبيل المثال : ــ

١ ــ تتكون ترسبات حول فتحات المصافي بسبب كربونات الكالسيوم والماغنسيوم التي توجد غالباً ذائبة في المياه الجوفية .

٢ ــ تراكم طبقات من أكاسيد الحديد والمنجنيز على فتحات المصافي ، والتي يساعد في تراكمها بعض أنواع من البكتريا تحتاج للحديد في نموها .

ويمكن استخدام الأحماض وخاصة حامض الايدروكلوريك في التخلص من مركبات الكربونات ، بحيث يستخدم بكمية مناسبة لمكونات المياه الجوفية ، ويبقي في البئر مدة كافية مع المزج بطريقة مناسبة . ويستخدم الكلور كما سبق

بتركيز عالي للقضاء على البكتريا في حالة وجودها في مياه البئر أو في طبقات التربة حول فتحات المصافي .

تآكل مصافي ومواسير البئر :

يحدث هذا التآكل بتفاعل مكونات المياه الجوفية مع المصافي والمواسير ، ويتسبب في توسيع فتحات المصافي التي تسمح لكميات كبيرة من الرمل بدخول الفتحات ، وبتراكم هذه الرمال أسفل البئر يمكن انسداد نسبة كبيرة من فتحات المصافي ، وزيادة الضغط الخارجي عليها . وتزيد معدلات الصدأ والتآكل للمصافي والمواسير في الحالات الآتية : ــ

١ ــ حينما تكون المياه الجوفية حامضية (PH أقل من ٧) .
٢ ــ وجود أكسجين ذائب في المياه ووجود أملاح الكبريتات .
٣ ــ وجود أملاح ذائبة في المياه بتركيز أكبر من ١٠٠٠ جزء في المليون .
٤ ــ وجود كبريتات الأيدروجين ، وثاني أكسيد الكربون ، والكلوريدات بتركيز يزيد عن ٣٠٠ مجم / لتر .
٥ ــ ارتفاع درجة حرارة المياه الجوفية .
٦ ــ زيادة سرعة المياه خلال فتحات المصافي .

ويمكن التحكم في تآكل المصافي ومواسير البئر بمراعاة الآتي : ــ

أ ــ استخدام مصافي ومواسير البئر من مواد وسبائك مقاومة للصدأ .
ب ــ زيادة مساحة فتحات المصافي ما أمكن لمخفض السرعة خلالها .

معدلات سحب المياه من الآبار :

يسبق تحديد معدلات السحب الممكنة من بئر أو مجموعة آبار عمل الدراسات التي سبق الإشارة إليها وتشمل : ــ

١ ــ اختيار المواقع المناسبة للآبار لكمية المياه المطلوبة ونوعيتها .

٢ ــ طبيعة الطبقات الحاملة للمياه وبعدها عن سطح الأرض .

٣ ــ مدى احتمال تلوث المياه الجوفية .

٤ ــ مدى إمكانية دق آبار اختبار لأنها أفضل طريقة تُعطي بيانات صحيحة عن خواص المياه والتربة ، ويساعد على عملها قرب المياه من سطح الأرض وبحيث لا تخترق هذه الآبار طبقات صخرية صلبة .

ويمكن استخدام جدول (٦) للاسترشاد بمعامل نفاذية التربة لمكوناتها المختلفة ، وذلك في حالة عدم توافر بيانات دقيقة كافية .

العوامل التي تؤثر في تصريف البئر : ــ

١ ــ مقدار الانخفاض في منسوب سطح المياه في البئر نتيجة سحب المياه ، حيث أن الفرق في منسوب المياه داخل البئر وخارجه هو العامل الرئيسي في سريان المياه من الطبقة المحيطة بالبئر إلى داخله ، فكلما زاد هذا الفرق زاد معدل سحب المياه من البئر لنفس ظروف التربة وبُعد المياه الجوفية عن سطح الأرض .

٢ ــ معامل نفاذية التربة ، فكلما زاد معامل النفاذية يزيد تصرف البئر لنفس العوامل الأخرى .

معدلات السحب المناسبة : ــ

يجب أن يكون سحب المياه بمعدلات لا تؤثر في مخزون المياه الجوفية ولا تخفض منسوبه بدرجة كبيرة تؤثر في تشغيل وحدات الرفع . وتعتمد معدلات سحب المياه من الآبار على الافتراضات الآتية : ــ

أ ــ يكون سحب المياه من البئر بمعدل ثابت .

ب ــ يخترق البئر الطبقة الحاملة للمياه بكامل ارتفاعها .

جـ ــ تكون الطبقة الحاملة للمياه متجانسة وممتدة أفقياً لمسافات كبيرة .

أقصى تصرف من البئر : ــ

اقترح (Johnson) قيمة قصوى للتصرف يعطيها البئر العادي ، عندما

جدول (٦)
معامل النفاذية لنوعيات التربة المختلفة

مكونات التربة	معامل النفاذية متر / يوم
تربة طينية سطحية	٠,٠١ — ٠,٢٠
تربة طينية عميقة	$١٠^{-٨}$ — $١٠^{-٢}$
تربة طفلية سطحية	٠,١٠ — ١
تربة رملية ناعمة	١ — ٥
تربة من الرمل المتوسط	٥ — ٢٠
تربة من الرمل الخشن	٢٠ — ١٠٠
تربة زلطية	١٠٠ — ١٠٠٠
تربة رملية زلطية	٥ — ١٠٠
تربة طينية رملية زلطية	٠,٠٠١ — ٠,١٠
تربة من الحجر الرملى	٠,٠٠١ — ١
تربة من الصخور الكربونية	٠,٠١ — ١
تربة من الصخور الصلصالية	$١٠^{-٧}$
تربة صخرية كثيفة	أقل من $١٠^{-٥}$
تربة صخرية غير كثيفة	٠,٠٠١ — ٣٠٠
تربة من الصخور البركانية	صفر — ١٠٠٠

* سرعة المياه الجوفية تتراوح بين ١ إلى ٥٠٠ متر/ سنة

يكون الانخفاض في منسوب سطح المياه أثناء التشغيل يساوي ثلثي العمق الأساسي للمياه في البئر ، أي ثلثي الارتفاع بين قاع البئر وسطح المياه الجوفية الأصلي وهذا يعني أن طول مصافي البئر يجب ألا يتعدى ثلث عمق المياه في حالة عدم التشغيل .

تأثير زيادة معدلات السحب :

يحدث أحياناً هبوطاً في سطح الأرض يصل لعدة أمتار في حالة زيادة معدلات السحب عن المعدلات التصميمية ، ويحدث أحياناً تحرك أفقي لطبقات التربة العلوية ، مما ينتج عنه تلفيات في المباني والكباري والسكك الحديدية ورصف الشوارع ، وخطوط المياه والمجاري والكهرباء ، بالاضافة إلى تأثير حركة التربة في أي اتجاه على مواسير البئر نفسها .

حساب معدلات تصريف البئر : (شكل ٩)

يمكن استنتاج تصرفات الآبار من المعادلات الهيدروليكية التي تربط بين جميع العوامل المرتبطة بهذه التصرفات والتي سبق الاشارة إليها وهي : —

أ ــ عمق المياه في البئر في حالة عدم التشغيل (H) .

ب ــ عمق المياه في البئر (h) ، أثناء التشغيل .

جـ ــ الانخفاض في منسوب المياه الجوفية أثناء التشغيل (H — h) .

د ــ قطر البئر .

هـ ــ معامل النفاذية للتربة (K) ، المنشأ فيها البئر .

و ــ نصف قطر دائراة التأثير (R) ، وهي المسافة التي يتأثر فيها سطح المياه الجوفية حول البئر أثناء التشغيل .

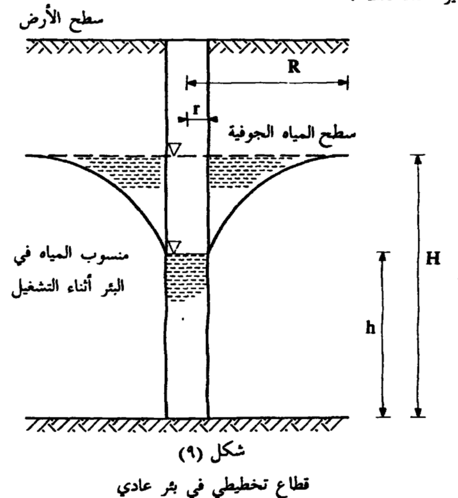
وبالإضافة إلى العوامل السابقة ، فإن الطبقات الحاملة للمياه ، وعمقها وتاريخها ، ومصادر المياه المحيطة بالمنطقة والمؤثرة على الطبقات الحاملة للمياه ، كل هذا من شأنه أن يؤثر على معدلات التصرف التي يمكن الاعتماد عليها من الآبار .

دائرة التأثير حول البئر :

وهي المنطقة المحيطة بالبئر والتي ينخفض سطح المياه فيها أثناء سحب المياه من البئر ، ونصف قطر دائرة التأثير هي المسافة من البئر وحتى نهاية المنطقة

التي يؤثر فيها سحب المياه من البئر . ولنفس البئر يمكن أن تتغير قيمة نصف قطر دائرة التأثير حسب معدلات التصرف والانخفاض في منسوب سطح المياه أثناء التشغيل ، وكذلك طبيعة التربة في منطقة البئر . ولضمان تشغيل الآبار بكفاءة في حالة إنشاء أكثر من بئر ، يفضل أن يكون كل بئر خارج دائرة التأثير للآبار الأخرى وذلك للتأكد من عدم تداخل الآبار أثناء تشغيلها .

وقيمة نصف قطر دائرة التأثير تكون عادة بين ١٥٠ ، ٣٠٠ متر حسب نوعيات التربة الحاملة للمياه ، وفي نفس الوقت لا يؤثر التغير في قيمة نصف قطر دائرة التأثير بصورة ملموسة ، على قيمة تصرفات البئر ، لوجود R في اللوغاريتم في المقام في معدلات التصرف ، ويكون عادة تغير اللوغاريتم صغير جداً بالنسبة لتغير العدد نفسه .



شكل (٩)

قطاع تخطيطي في بئر عادي

ويمكن حساب التصرفات المرفوعة من الآبار بالمعادلات الهيدروليكية الآتية مع الاستعانة بشكل (٩) .

أولاً :

في حالة الآبار العادية والتي لا يكون سطح المياه الجوفية حولها تحت تأثير ضغوط مؤثرة ، تكون معدلات التصرف :

$$Q = \frac{\pi K (H^2 - h^2)}{2.3 \log R/r}$$

وتتروا‌ح قيمة R بين (١٥٠ – ٣٠٠) ، اعتماداً على طبيعة التربة ، ومعدلات سحب المياه .

مثال :

بئر عادي قطره ستون سنتيمتر منشأ في منطقة ، معامل نفاذية التربة فيها ٨ متر مكعب للمتر المربع في اليوم . إحسب التصرف الذي يمكن سحبه من البئر في حالة انخفاض منسوب المياه في البئر أثناء التشغيل بمقدار ٤ متر ، وكان عمق المياه في البئر في حالة عدم التشغيل ٢٤ متر ، وكان نصف قطر دائرة التأثير ٢٠٠ متر .

الحل :

بالرجوع لشكل (٩) :

$$Q = \frac{\pi K (H^2 - h^2)}{2.3 \log (R/r}$$

$K = 8\ m^3/m^2/day.$

$H = 24\ ms.$

$h = 20\ ms.$

$R = 200\ ms.$

$r = 0.30$ ms.

$$Q = \frac{\pi (8)(576 - 400)}{2.3 \log \frac{200}{0.30}} = \frac{4421.12}{2.3 (2.82)}$$

$$= 682 \ m^3/day.$$

ثانياً :

فى حالة الآبار الارتوازية تكون الطبقات الحاملة للمياه تحت ضغط ومحصورة بين طبقات صماء غير منفذة للمياه . وفى هذه الحالة تستخدم المعادلة الآتية مع الإستعانة بشكل (١٠) :

$$Q = \frac{2\pi K b (H - h)}{2.3 \log R/r}$$

حيث : ـــ

b = سمك الطبقة الحاملة للمياه .

K = معامل النفاذية للطبقة الحاملة للمياه .

H = عمق المياه في البئر في حالة عدم التشغيل .

h = عمق المياه في البئر أثناء التشغيل .

R = نصف قطر دائرة التأثير .

r = نصف قطر البئر .

مثال :

بئر ارتوازي يعطي تصرفاً يساوي ١٨٠٠ متر مكعب في اليوم ، والمطلوب معرفة معامل النفاذية للطبقة الحاملة للمياه ، إذا كان :

عمق المياه في البئر في حالة عدم التشغيل = ٥٠ متر .

عمق المياه في البئر أثناء التشغيل = ٤٠ متر .

نصف قطر دائرة التأثير = ٢٠٠ متر .

سمك الطبقة الحاملة للمياه = ١٢ متر .

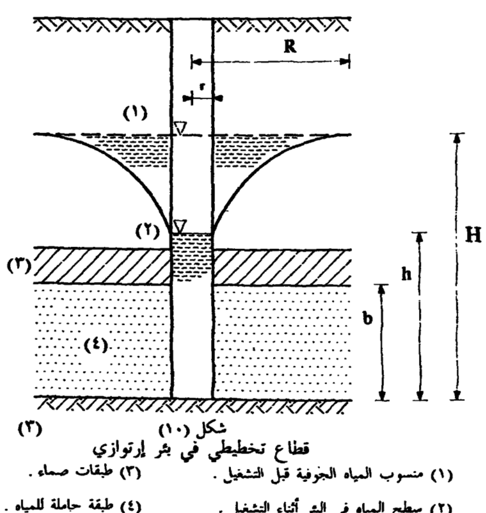
قطر البئر = ٤٠ سم .

الحل :

$$Q = \frac{2\pi K b\,(H-h)}{2.3 \log (R/r)}$$

$$1800 = \frac{2\pi\ K\ (12)\ (50-40)}{2.3 \log \frac{200}{0.20}}$$

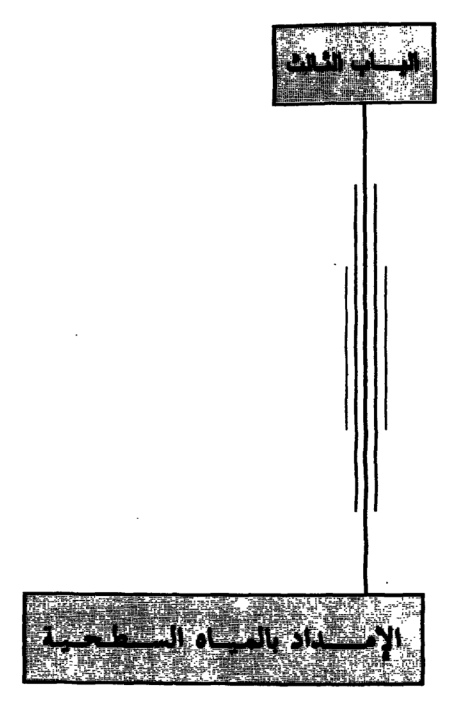
$$K = 16.48 \text{ m/day.}$$



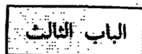
شكل (١٠)

قطاع تخطيطي في بئر إرتوازي

(١) منسوب المياه الجوفية قبل التشغيل .
(٢) سطح المياه في البئر أثناء التشغيل .
(٣) طبقات صماء .
(٤) طبقة حاملة للمياه .


الباب الثالث
الإمداد بالمياه السطحية





الباب الثالث

الإمداد بالمياه السطحية

المياه السطحية معرضة لعوامل كثيرة تجعلها ملوثة وغير صالحة للشرب إلا بعد تنقيتها . والمياه السطحية سواء فى الأنهار وفروعها أو فى البحيرات تحتوى على مواد عالقة وكائنات حية دقيقة ضارة بالصحة ، علاوة على أن التخلص من المخلفات الصناعية والآدمية والحيوانية والنباتية والزراعية ، تزيد من تلوث هذه المياه ، لدرجة أن كثيراً من الأمراض الوبائية والمعدية والطفيلية تكون ناتجة من استعمال المياه الملوثة بطريقة أو بأخرى ، ومن هذه الأمراض :ـــ

الكوليرا ـــ التيفويد ـــ البراتيفويد ـــ إلتهاب الكبد الوبائى ـــ الدوسنتاريا الباسيلية ـــ الدوسنتاريا الأميبية ـــ بعض الأمراض الجلدية والجهاز الهضمى ـــ التراكوما وبعض أمراض الجفون ـــ الجرب ـــ الجذام ـــ التنيا ـــ الإسهال الاسكارس ـــ البلهارسيا ـــ الحمى الصفراء .

والهدف من عملية تنقية المياه هو توفير المياه النقية الصالحة للشرب من الناحيتين الكيمائية والبكتريولوجية ، خالية من العكارة واللون والطعم والرائحة .

وبالنسبة للمياه المطلوبة فى الصناعة فإنها تحتاج إلى مراحل إضافية من المعالجة تعتمد على متطلبات عملية التصنيع .

وفى حالات كثيرة يتم تخزين المياه وراء السدود أو فى بحيرات ولمدة طويلة قبل أخذ المياه منها لمحطات التنقية ، وللتخزين أثره على خواص المياه ، فيقل عدد البكتيريا فى المياه وتختفى البكتيريا الممرضة ، وذلك نتيجة لعوامل الترسيب والأشعة فوق البنفسجية بالإضافة إلى العوامل الحيوية التى تجعل من خزان المياه بيئة غير صالحة لمعيشة هذه الأنواع من البكتيريا .

وعلى العكس يمكن أن تنمو الطحالب في مسطحات تخزين المياه فتسبب في مشاكل في عمليات التنقية

ونتيجة لخطورة استعمال المياه الملوثة ، تشمل أعمال التنقية مراحل متعددة هي :

- تجميع المياه
- تنقية المياه
- توزيع المياه

هذا مع احتمال إضافة مراحل أخرى لزيادة كفاءة عملية التنقية حسب خصائص المياه السطحية ومكوناتها وما يصل إليها أحيانا من عمليات التخلص من المخلفات السائلة التي تتم بطريقة غير إنسانية .

مراحل تنقية المياه :

يبين الرسم التخطيطي شكل (١١) مراحل تنقية المياه في صورتها العامة في حالة استخدام المرشحات الرملية السريعة .

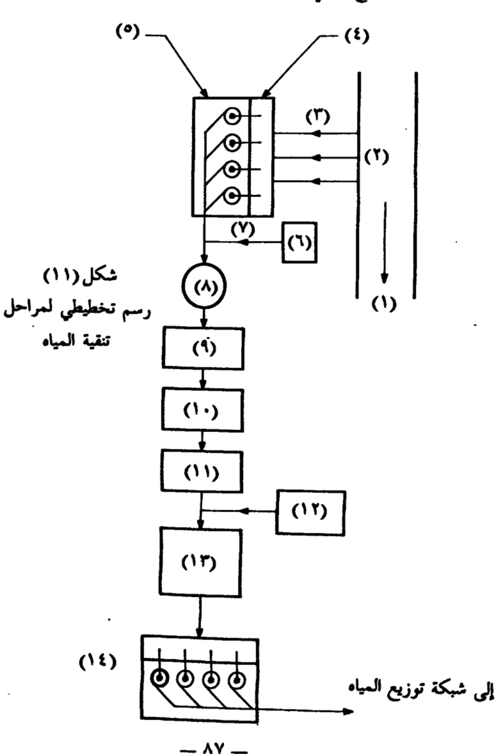
١ ـ مصدر المياه .
٢ ـ المأخذ .
٣ ـ مواسير المأخذ .
٤ ـ بيارة المياه العكرة .
٥ ـ محطة الرفع الواطي .
٦ ـ وحدات تحضير محلول المواد المروبة .
٧ ـ إضافة محلول المواد المروبة .
٨ ـ حوض المزج السريع .
٩ ـ أحواض المزج البطيء .
١٠ ـ أحواض الترسيب .

١١ ــ المرشحات .

١٢ ــ إضافة المواد المستخدمة في تطهير المياه .

١٣ ــ أحواض المياه المرشحة (خزان المياه الأرضي) .

١٤ ــ محطة الرفع العالي .



شكل (١١)
رسم تخطيطي لمراحل
تنقية المياه

أعمال تجميع المياه

المأخذ :

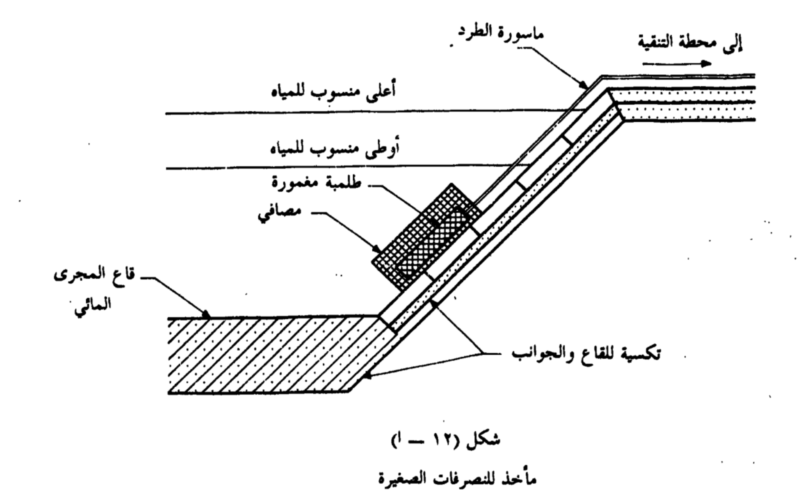
هو الموقع الذي يختاره المهندس الصحي لتؤخذ منه المياه العكرة ، ويشمل المأخذ الأعمال الإنشائية اللازمة لحماية قاع المجرى المائي وجوانبه بطريقة تضمن الحصول على معدلات المياه المطلوبة الحالية والمستقبلية . وتشمل منشآت المأخذ المصافي اللازمة لحجز أي مواد طافية يمكن أن تصل إلى مكان المأخذ كما تشمل أيضًا حماية فتحات ومواسير المأخذ ، ووضع الإشارات الضوئية اللازمة لتحذير السفن التي تمر بالقرب من الموقع حماية لمنشآت المأخذ ، ويراعى حماية موقع المأخذ من أي ملوثات خارجية .

وتتكون المصافي التي يتم تركيبها على مواسير المأخذ من أسياخ حديدية بقطر ٢٥ مم تقريبا بحيث تكون صافي المسافة بينها أو الفتحات بينها (٥ ــ ٧,٥) سم .

وتوجد أنواع كثيرة من منشآت المأخذ تعتمد على : ــ

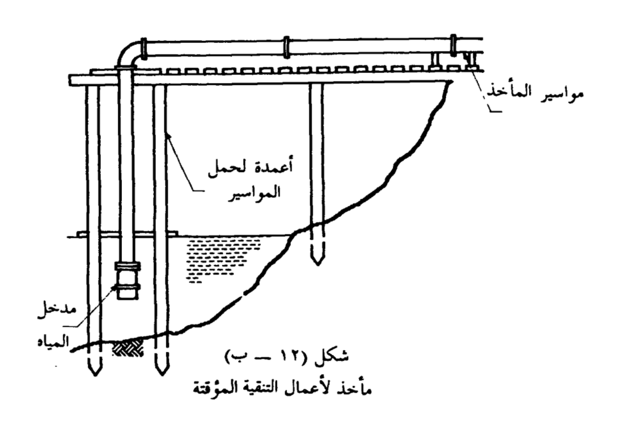
١ ــ طبيعة المصدر المائي من حيث عرضه وعمق المياه فيه .
٢ ــ التغير في منسوب المياه وتصرفاتها على مدار السنة .
٣ ــ كمية المياه المطلوبة من المصدر المائي لعملية التنقية .
٤ ــ إستخدام المجرى المائي في الملاحة .

ويبين شكل (١٢) نماذج مختلفة لمآخذ المياه يختار منها مهندس التصميم ما يتمشى مع طبيعة المجرى المائي ، ومعدلات المياه المطلوبة لمحطة التنقية .

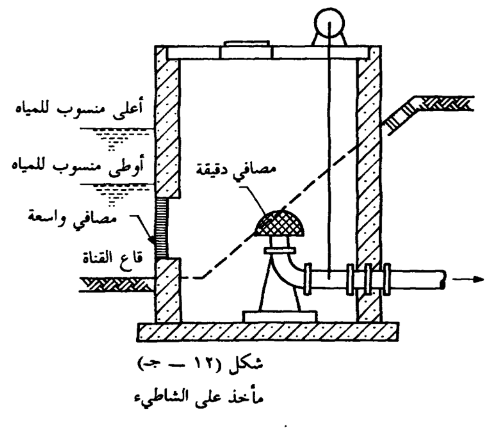


شكل (١٢ — ١)

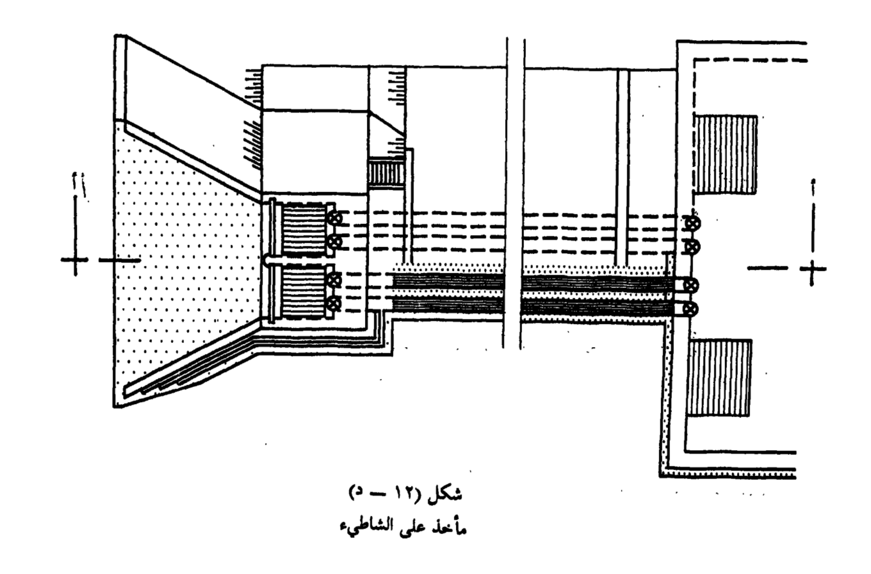
مأخذ للتصرفات الصغيرة



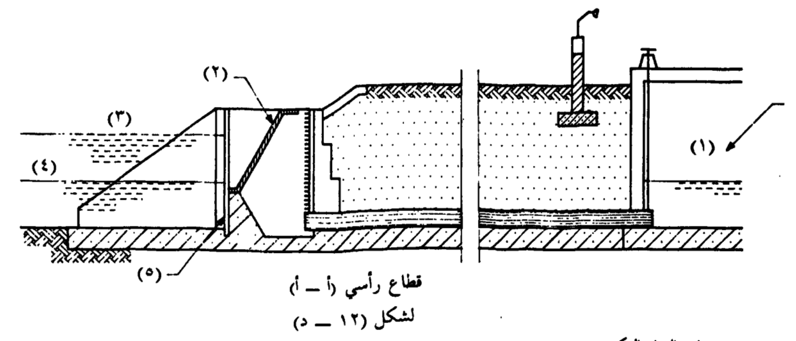
شكل (١٢ ــ ب)
مأخذ لأعمال التنقية المؤقتة



شكل (١٢ ــ جـ)
مأخذ على الشاطيء

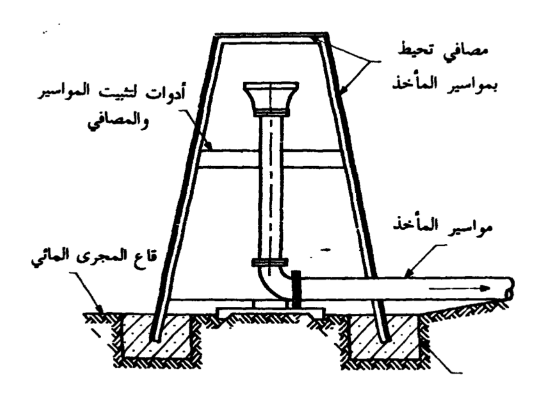


شكل (١٢ — د)
مأخذ على الشاطيء

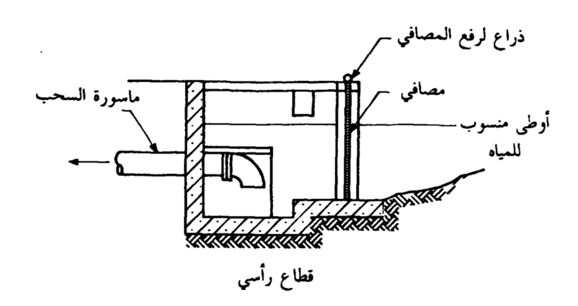


قطاع رأسي (أ ـ أ)
لشكل (١٢ ـ د)

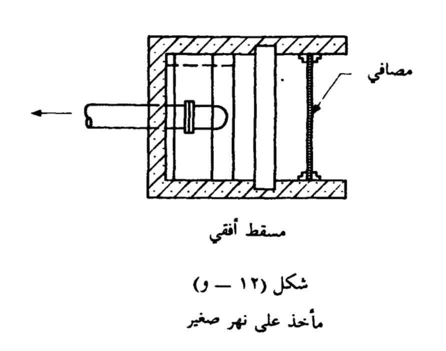
(١) بيارة المياه العكرة
(٢) مصافي
(٣) أعلى منسوب للمياه
(٤) أوطى منسوب للمياه
(٥) بوابة لحجز المياه



شكل (١٢ ــ هـ)
مأخذ لمنسوب المياه الثابت



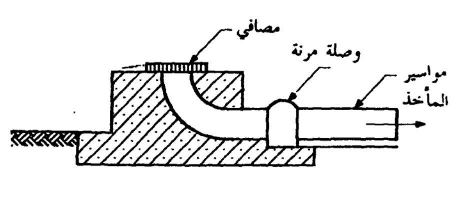
قطاع رأسي



مسقط أفقي

شكل (١٢ — و)

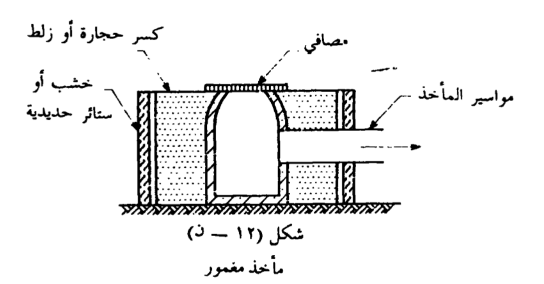
مأخذ على نهر صغير



شكل (١٢ — ل)
مأخذ مغمور

أعلى منسوب للمياه
قيسون حديد
أوطى منسوب للمياه
بوابة
مواسير
المأخذ

شكل (١٢ — م)
مأخذ برج



شكل (١٢ ــ ن)

مأخذ مغمور

سحارة المأخذ :

تحمل المياه من المأخذ إلى محطة الرفع التي ترفع المياه العكرة إلى محطة تنقية المياه. وتكون سحارة المأخذ ماسورة أو أكثر ، أو قناة بقطاع يتناسب مع معدل تصرف المياه وطول القناة وطبيعة التربة. وتكون السرعة عادة في سحارة المأخذ (٦٠ ــ ١٠٠) سم في الثانية ، وفي حالة استخدام مواسير يفضل أن تنشأ بميول ولو صغيرة جدًا في اتجاه سريان المياه أو عكسها ، وذلك لمنع تجمع الهواء في المواسير .

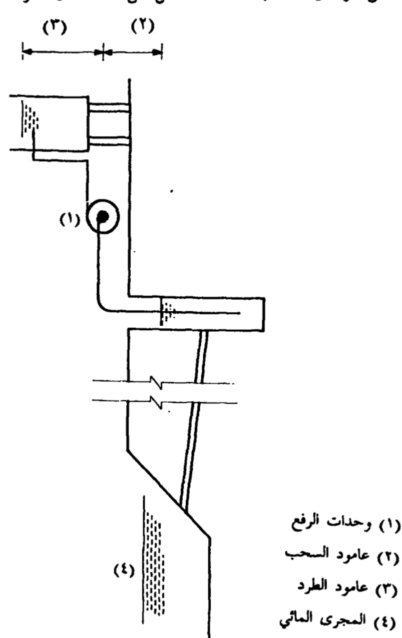
ويراعي في تصميم سحارة المأخذ أن يكفى قطاعاتها لاستيعاب معدلات استهلاك المياه الحالية والمستقبلية ولمدة طويلة يعتمد تحديدها على عوامل كثيرة من أهمها زيادة معدلات الاستهلاك في المستقبل .

وحدات الرفع الواطي : ...Low Lift Pumps

ترفع المياه العكرة من بيارة في نهاية سحارة المأخذ ، وحتى وحدات تنقية المياه . ويراعى في اختيار هذه الوحدات : ــ

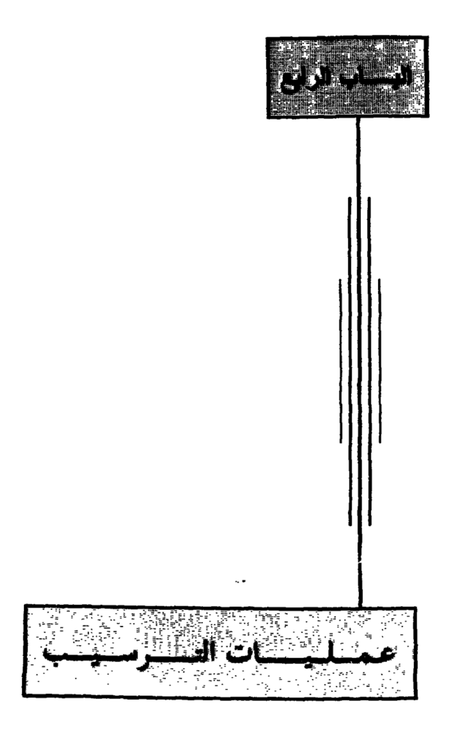
١ ــ أن يكون عدد الوحدات بما فيها الاحتياطي كافية في جميع ظروف تشغيل وحدات التنقية ، وبحيث لا يقل عدد الوحدات الاحتياطي عن طلمبتين .

٢ ـــ أن يكون الضغط الكلي للطلمبات كافيا لرفع المياه إلى وحدات تنقية المياه في حالة أوطى منسوب للمياه عند موقع المأخذ . وكما هو مبين بالشكل يكون الضغط الكلي لوحدات الرفع مساويا للفرق في منسوب المياه بين أوطى منسوب للمياه وسطح المياه في بداية وحدات التنقية ، يضاف إلى ذلك الفواقد في مسار المياه . ويراعى أن يكون أقل منسوب للمياه في البيارة فوق منسوب مدخل مواسير السحب بمسافة لا تقل عن ثلاثة أمثال قطر الماسورة .

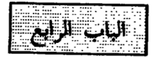


(١) وحدات الرفع
(٢) عامود السحب
(٣) عامود الطرد
(٤) المجرى المائي




الباب الأول
عمليات الترسيب





الباب الرابع

عمليات الترسيب .... Sedimentation

الغرض من هذه العمليات ترسيب أكبر نسبة ممكنة من المواد العالقة ، وذلك بتوفير عوامل هندسية مختلفة في تصميم وتشغيل الأحواض ، ومن هذه العوامل :

(أ) السرعة الأفقية للمياه في الأحواض .

(ب) المساحة السطحية للأحواض .

(جـ) مداخل الأحواض ومخارجها .

(د) طريقة سحب الرواسب من الأحواض .

ومن ناحية أخرى فهناك عوامل تؤثر في كفاءة الترسيب منها : —

١ — تركيز المواد العالقة في المياه .

٢ — شكل المواد العالقة .

٣ — حجم المواد العالقة .

٤ — كثافة المواد العالقة .

٥ — درجة حرارة المياه ودرجة لزوجتها .

٦ — مدة بقاء الماء في الحوض .

ومن الناحية النظرية البحتة يمكن توضيح عملية الترسيب بالاستعانة بشكل (١٣) كمدخل لتفهم أسس التصميم وذلك على أساس أن : المواد العالقة متجانسة التوزيع في المياه ؛ وأن سرعة المياه بما فيها من مواد عالقة في الاتجاه الأفقي ؛ وأن تصرف المياه يساوي Q .

$$V = \frac{Q}{B.H}$$.

حيث : B = عرض حوض الترسيب .

H = عمق المياه في الحوض .

وتكون سرعة المواد العالقة الأفقية بمختلف أحجامها = V ، وهي سرعة المياه في نفس الاتجاه ، وتكون سرعة المواد العالقة في الاتجاه الرأسي ، v مختلفة حسب حجمها وكثافتها .

ومن الشكل نستنتج أن :ــ

$$V \div v = L \div H$$

$$\therefore v = \frac{V.H}{L}$$

وحيث أن $V = \frac{Q}{B.H}$

$$v = \frac{Q}{B.H} \cdot \frac{H}{L} = \frac{Q}{B.L} = \frac{Q}{A}$$

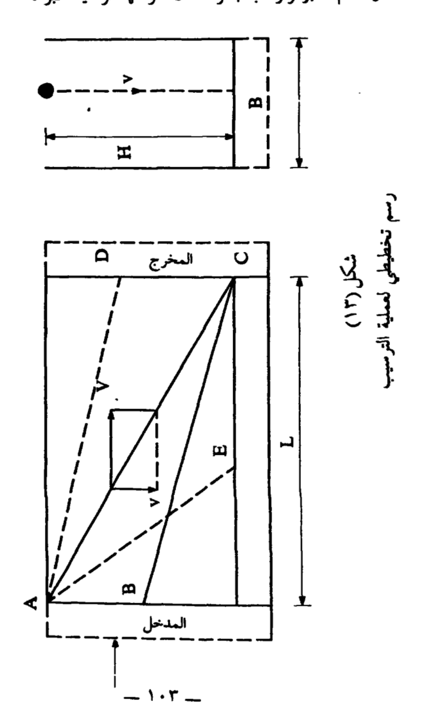
حيث A = المساحة السطحية لحوض الترسيب .

ويتضح من المعادلة الأخيرة أن المواد العالقة التي لها سرعة رأسية مساوية أو أكبر من v ، يتم حجزها في حوض الترسيب ، وعلى العكس لا ترسب المواد العالقة إذا كانت سرعتها الرأسية أقل من v . وحيث أن هذه السرعة تساوي $\frac{Q}{B.L}$ تكون المساحة السطحية (BL) لحوض الترسيب لها تأثير مباشر على كفاءة الترسيب ، فكلما زادت المساحة السطحية تقل قيمة v وتزيد كمية المواد المترسبة وتزيد كفاءة حوض الترسيب .

وتستخدم قيمة v ، كأساس من أسس تصميم أحواض الترسيب ، ويعبر عنها بمعدل التحميل السطحي ، ويمكن استنتاج وحداتها من المعادلة الأخيرة ، فإذا كان التصرف مثلاً بالمتر المكعب في اليوم ، وكانت أبعاد الحوض بالمتر ، تكون

وحدات معدل التحميل السطحي متر مكعب / متر مربع / يوم ؛ أو متر / يوم .

ويبين شكل (١٣) المسار (AD) للمواد التي لها سرعة رأسية أقل من v ، وهذه المواد لا ترسب ، وتخرج من الأحواض ، ويبين المسار (BC) بعض المواد التي تدخل حوض الترسيب قرب القاع ، كما يبين المسار (AE) المواد التي لها كثافة وحجم أكبر وترسب بسرعة لأن سرعتها الرأسية أكبر .



شكل (١٣)
رسم تخطيطي لعملية الترسيب

ومن الناحية النظرية يمكن تصميم أحواض الترسيب على أساس حجم وكثافة المواد المطلوب ترسيبها ، وذلك باستنتاج السرعة الرأسية لها ، وهي في نفس الوقت تمثل تصرف الماء مقسوماً على المساحة السطحية للأحواض ولكن الأحواض في التشغيل العادي لا تعطي كفاءة إلا في حدود الثلث ، وذلك بسبب العوامل التي تؤثر في عملية الترسيب ، وخاصة عند استخدام المواد المروبة التي تغير خصائص المواد العالقة وما يتبع ذلك من تأثير على عملية الترسيب وكفاءتها ، حيث تساعد المواد المروبة على تجميع المواد الصلبة الدقيقة وترسيبها بسرعة ؛ لأن الترسيب الطبيعي يعتمد على حجم المواد الصلبة ، فبالنسبة للأحجام الصغيرة للمواد العالقة لكي ترسب مسافة ١٠٠سم :ـــ

تحتاج المواد بقطر ١ مم إلى ٦ ثواني .
والمواد بقطر ٠,١ مم إلى ٣ دقائق .
والمواد بقطر ٠,٠١ مم إلى ٣ ساعات .
والمواد بقطر ٠,٠٠١ مم إلى ٣٠٠ ساعة .
والمواد بقطر ٠,٠٠٠١ مم إلى ١٥٠٠ يوم .

وحجم المواد الصلبة التي تذوب في المياه تتراوح جزئياتها أو أيوناتها بين (٢ ـــ ١٠) × $١٠^{-٧}$ مم ،والمواد الدقيقة المعلقة تتراوح بين $١٠^{-٣}$ ، $١٠^{-٦}$مم .

وينحصر إستخدام الترسيب الطبيعي في العمليات الصغيرة ، لأن بعض الشوائب مثل الطحالب والبقايا النباتية والمواد المعلقة الصغيرة لا ترسب بمعدلات تناسب السعة الإقتصادية لأحواض الترسيب ، حيث أن هذه المواد الدقيقة الخفيفة الوزن ترسب بتأثير الجاذبية الأرضية فقط وبدون إستخدام أي مواد كيمائية مساعدة .

* * *

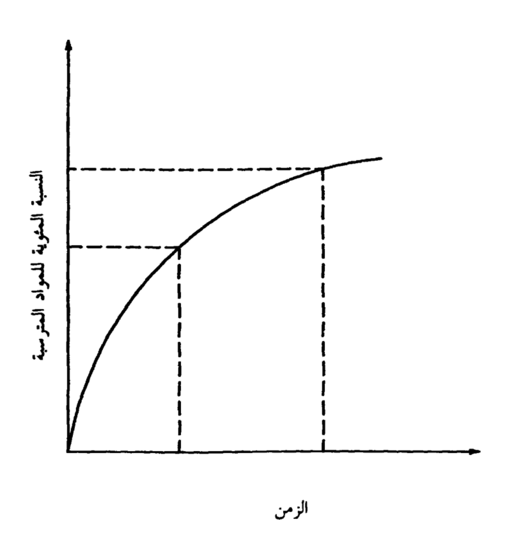
مدة بقاء المياه في الحوض : .... Detention Time

هي الفترة الزمنية التي تمكثها كمية معينة من المياه ابتداء من دخولها حوض الترسيب وحتى خروجها منه ، وهي النسبة بين حجم الحوض وتصرف المياه خلاله $T = \frac{Volume}{Q}$ ، وتترواح بين عدة دقائق إلى بضع ساعات تبعاً لنوعية أحواض الترسيب من جهة وطبيعة المياه والمواد العالقة والنسبة المطلوب ترسيبها من الشوائب من جهة أخرى . والمنحنى يبين مثال للعلاقة بين كفاءة الترسيب ومدة بقاء المياه في الحوض ، ويبين المنحنى أن معدلات الترسيب تتناقص بنسبة كبيرة كلما زادت مدة البقاء الماء في الحوض ، وهذا يعني أن زيادة المدة أكثر من اللازم ، لا يزيد من كفاءة الترسيب إلا بنسبة صغيرة ويتغير شكل المنحنى حسب خواص المواد العالقة ، ويتوقف تحديد هذه المدة عادة على النسبة المطلوب ترسيبها من مواد ذات حجم معين .

أما في حالة استخدام مواد كيمائية مروبة فالوضع يختلف تماماً ، حيث يتم تجميع المواد الدقيقة المعلقة وبعض المواد الذائبة في حبيبات أكبر يمكن ترسيبها بسهولة إلا أنه توجد عوامل أخرى يجب مراعاتها في التصميم والتشغيل في اختيار المواد المروبة المناسبة وتهيئة الظروف الكيمائية والطبيعية لإتمام عملية الترويب والترسيب بكفاءة .

الترسيب باستخدام المروبات

تحتاج بعض الشوائب المعلقة الصغيرة بالمياه إلى عملية ترويب حتى يمكن ترسيبها في أحواض الترسيب ، وخاصة المركبات الملونة ، والعوالق الطينية ، والكائنات الحية الدقيقة ، والمواد العضوية الناتجة من تحلل النباتات المائية والمخلفات البشرية ويكون حجم هذه المواد عادة أقل من نصف جزء في الألف من المليمتر مما يجعل مساحتها السطحية كبيرة جدا بالنسبة لوزنها وبالتالي لا تؤثر فيها الجاذبية الأرضية بصورة تساعدها على الترسيب .



(العلاقة بين كفاءة الترسيب ومدة
بقاء المياه في أحواض الترسيب)

وتستخدم المواد المروبة لتساعد في إتمام عملية الترسيب بكفاءة ، حيث أنها تتفاعل مع بعض مكونات المياه لتجميع ما بها من شوائب في حبيبات أكبر يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب ، كما أن زيادة كفاءة الترسيب تقلل من تركيز العكارة والكائنات الحية الدقيقة في المياه ، ويساعد في زيادة كفاءة المرشحات بعد ذلك .

المواد المروبة .... Coagulants

تستخدم مواد كيمائية كثيرة لهذا الغرض من أهمها : ـــ

1. Aluminum sulphate (alum), $Al_2 (SO_4)_3$, 18 H_2O.
2. Ferric chloride, Fe Cl_3.
3. Ferric Sulphate, $Fe_2 (SO_4)_3$
4. Ferrous sulphate and lime, Fe SO_4 + Ca $(OH)_2$.
5. Sodium aluminate, $Na_2 Al_2 O_4$.
6. Lime, (hydrated), Ca $(OH)_2$.

وتتم عملية الترويب بإضافة مادة كيميائية أو أكثر حسب خواص المياه ومكوناتها وتؤثر درجة قلوية المياه تأثيرًا مباشرًا في كفاءة الترويب وجرعة المادة المروبة وكل مادة من هذه المواد لها درجات معينة من الـ PH تكون كفاءتها خلالها أكبر ما يمكن . فمثلاً بالنسبة لكبريتات الألومنيوم (الشبة) ، تكون درجة الـ PH المناسبة لعملية الترويب في حدود (٦ ـــ ٧,٨) ، وبالنسبة لأملاح الحديد تكون في حدود أوسع قليلاً وتكون المروبات المضافة عادة في صورة محلول ، يضاف مع المزج بسرعة في المياه لمدة لا تزيد عن دقيقة ، للعمل على انتشار المواد المروبة بسرعة في المياه ، ثم يعقب ذلك مزج بطيء لمدة حوالي نصف ساعة لإتمام التفاعل بين المواد المروبة والشوائب الموجودة بالمياه .

Cagulant + Flash mix (مزج سريع) → Floc

Floc + مزج بطيء → Coalesence of Floc.

وعند إضافة محلول المواد المروبة للمياه ، تتأين وتتحد مع بعض مكونات المياه وخاصة المواد المعلقة الصغيرة (Colloidals) ويساعد على تجميع هذه المواد في حبيبات أكبر إختلاف الشحنات على سطح المواد

الكيميائية وسطح الشوائب ومنها المواد العضوية والغير عضوية والبكتريا والطحالب والمواد الأخرى التي تتسبب في تغير لون المياه ورائحتها . وفي حالة إضافة محلول الشبة (كبريتات الألومنيوم) ، تتأين إلى Al^{3+} و $SO_4^{=}$ وتتحد نسبة من الألومنيوم Al^3 مع بعض المواد المعلقة التى تحمل شحنات سالبة .

$$Al^3 \quad + \quad colloids \longrightarrow Al\ Colloids$$

ومن ناحية أخرى يتم التفاعل بين المواد المروبة المتأينة وبعض مكونات المياه على صورة :

$$Al^3 + 3\,(OH^{-}) \longrightarrow Al(OH)^3$$

$$Al\,(OH)_3 + Positive\ ions \rightarrow [Al\,(OH)_3]$$

ويعادل أيدروكسيد الألومنيوم وعليه شحنات موجبة ، المواد المعلقة ذات الشحنات السالبة ، فيساعد ذلك على تجميعها،

$$[Al\,(OH)_3\,]^{+} + colloids^{-} \longrightarrow Al(OH)_3\ Coloids^{-}$$

ويمكن أن تتحد أيونات أيدروكسيد الألومنيوم مع أيونات الكبريت والمواد الأخرى ذات الشحنات السالبة .

ولإتمام التفاعل بين المواد المروبة ومكونات المياه ، يجب أن تتم عملية خلط وانتشار محلول المروبات في المياه العكرة بسرعة حتى يصير التلامس مع المواد الدقيقة المعلقة كاملا في جميع محتويات المياه . ويعقب ذلك فترة مزج بطيء تتراوح بين ٢٠ ، ٣٠ دقيقة ، يتم خلالها التفاعل بين المروبات ومكونات المياه كما سبق ، ويعقب ذلك مرحلة الترسيب في أحواض تمر فيها المياه لمدة كافية حوالي ساعتين يتم خلالها ترسيب نسبة كبيرة من المواد العالقة التي تجمعت في أحواض المزج البطيء .

جرعة المادة المروبة .... Coagulant Dose

تعتمد على خواص المياه العكرة التي تتغير بصفة مستمرة ، ولذلك يجب

تحديد قيمة هذه الجرعة مرة يوميًا على الاقل حتى يمكن تشغيل وحدات الترسيب بطريقة تناسب التغير المحتمل في مكونات وصفات المياه العكرة .

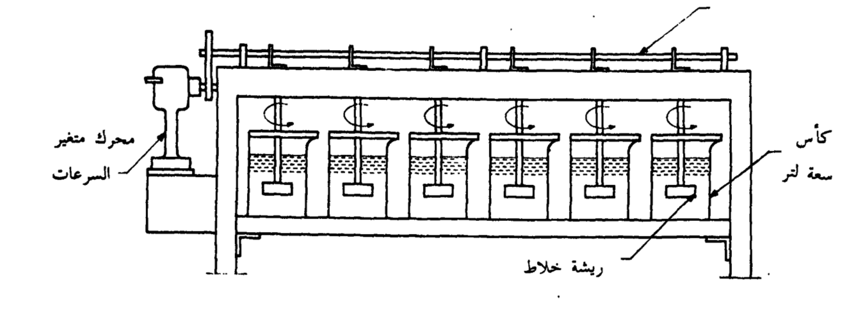
ويتم تحديد الجرعة المناسبة للمادة المروبة بواسطة الجهاز المبين في شكل (١٤) ... Jar Test Apparatus ، ويتكون من ٦ كاسات (Jars) تكون في الغالب سعة واحد لتر ويوضع في كل كأس مقدار لتر من المياه العكرة ، وتدار الخلاطات بسرعة ٢٠٠ لفة في الدقيقة ، ثم يوضع في جميع الكاسات تركيزات مختلفة من محلول المواد المروبة في نفس الوقت ويستمر التقليب السريع فترة قصيرة من (١٠ ـــ ٣٠) ثانية ، ثم تخفض سرعة الخلاطات إلى (٢٨ ـــ ٣٥) لفة في الدقيقة لتناسب عملية المزج البطيء وتستمر فترة (١٥ ـــ ٣٠) دقيقة بحيث يتم ملاحظة تطورات التفاعل داخل جميع الكاسات من بداية عملية التقليب البطيء ، حتى يمكن الحكم على تركيز المواد المروبة التي نتج عنها أسرع وأكفأ تكوين للمواد المتجمعة . وتوضع لمبات إضاءة أسفل الجهاز تحت كاسات المياه لتساعد على ملاحظة عملية الترويب .

وبعد نهاية فترة التقليب يوقف الجهاز تمامًا ، وتترك الكاسات لمدة ٣٠ دقيقة لإتمام عملية الترسيب وملاحظة الكاسات التي تم فيها الترسيب بصورة أفضل ، ليمكن اختيار جرعة المروبات المناسبة والتي نتج عنها تفاعل وترسيب أفضل خلال فترة المزج البطيء والترسيب .

ويمكن تحديد التركيزات المختلفة للمواد المروبة التي تجرى على أساسها التجربة وذلك من واقع الخبرة العملية وظروف التشغيل ، والتغير في خصائص المياه العكرة ، كل هذه العوامل تساعد الفنيين في إجراء هذه الاختبارات اليومية بكفاءة .

تخزين كبريتات الألومنيوم

توجد كبريتات الألومنيوم في صورة صلبة أو سائلة ، ويمكن تداوله صلبا في أكياس أو براميل ويكون على هيئة كتل أو مسحوق . ويكون كبريتات



شكل (١٤)
جهاز لتحديد جرعة المواد المروبة

الألومنيوم السائل بتركيز حوالي ٥٠ ٪ وينقل في شاحنات خاصة بذلك ويحفظ في أحواض مقاومة للصدأ أو التآكل . ويجب مراعاة العوامل الآتية في تخزين كبريتات الألومنيوم :

(١) يكون حيز التخزين خاليا من الرطوبة ، حيث أن كبريتات الألومنيوم الجافة تسبب تآكلا للمواد الملامسة لها إذا وصلت الرطوبة إليها .

(٢) توضع أكياس الشبة على منصات خشبية ولا توضع ملامسة لسطح الأرض .

(٣) يجب تزويد العمال بأقنعة واقية من غبار الشبة .

(٤) يفضل أن تكون صناديق تخزين الشبة من الصلب الطري ، وتكون سعتها تكفي لحوالي ٨ ساعات تشغيل (وردية عمل) على الأقل .

(٥) تكون غرف تحضير المحلول من مواد مقاومة للصدأ والتآكل ، وتكون سعتها كافية لاستيعاب محلول بتركيز (٥ ــ ١٠) ٪ وبمدة بقاء لا تقل عن خمس دقائق .

(٦) تكون المواسير والوصلات والصمامات الخاصة بتغذية محلول الشبة ، تكون من مواد مقاومة للصدأ والتآكل .

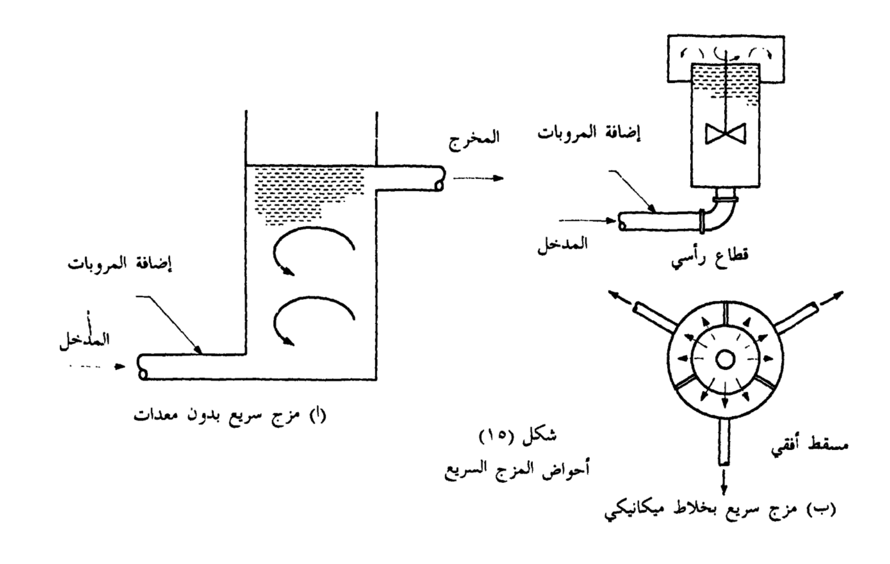
المزج السريع .... Flash Mixing

الغرض منه انتشار المواد المروبة في المياه بأسرع طريقة ممكنة ويتم ذلك في مدة قصيرة تترواح بين ٢٠ ، ٦٠ ثانية .

ويتم المزج السريع بأحد الطرق الآتية : ــ

١ ــ حقن محلول المواد المروبة في ماسورة السحب لوحدات الرفع الواطي .

٢ ــ إضافة المواد المروبة في مدخل حوض للمزج السريع تتوفر فيه دوامات قوية تكفي لعمل المزج السريع (شكل ١٥ ــ أ)



شكل (١٥)
أحواض المزج السريع

٣ ــ استخدام خلاط ميكانيكي لإتمام عملية المزج ، (شكل ١٥ ــ ب) . بحيث تكون سرعة القلاب ٣٠٠ ــ ٩٠٠ لفة في الدقيقة ، وفي هذه الحالة يمكن استخدام الحوض كموزع للمياه على أحواض الترسيب ، لضمان تشغيل هذه الأحواض بكفاءة .

المزج البطيء .... Gentle Mixing

الغرض منه إتمام التفاعل الكيميائي بين المواد المروبة ، والشوائب ومكونات المياه الأخرى . ويتم ذلك في فترة تتراوح بين ٢٠ ، ٤٠ دقيقة وخلال هذه المدة تتجمع المواد المعلقة الصغيرة في حبيبات أكبر يمكن ترسيبها بعد ذلك في أحواض الترسيب .

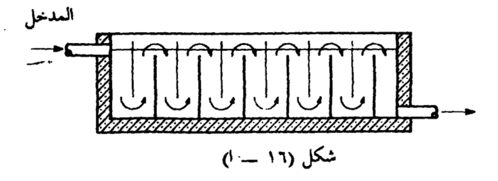
وتتم عملية المزج البطيء بأحد الطرق الآتية :

أولاً : أحواض ذات حواجز تسير فيها المياه في اتجاه رأسي أو أفقي شكل (١٦ ــ أ) ، (١٦ ــ ب) وتصمم هذه الأحواض بحيث تكون السرعة خلال القنوات كافية لعملية المزج البطيء وتجميع المواد الصغيرة وفي نفس الوقت لا تزيد السرعة حتى لا تؤثر على تماسك المواد التي تجمعت وتتسبب في تفتتها .
وفي تصميم هذه الأحواض يراعى الآتي

١ ــ السرعة خلال القنوات تكون ١٥ ــ ٤٥ سم ثانية .
٢ ــ مدة بقاء الماء في الحوض تكون ٢٠ ــ ٤٠ دقيقة
٣ ــ عرض القنوات = ٣٠ ــ ٥٠ سم .
٤ ــ عمق القنوات لا يقل عن ١ متر .

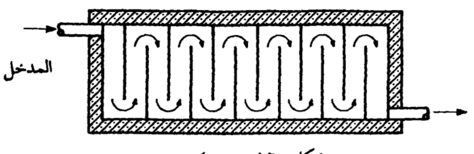
مثال :

صمم حوض مزج بطيء ، تصرف المياه فيه عشرة آلاف متر مكعب في اليوم على الأسس الآتية : ــ



شكل (١٦ ـــ ا)

قطاع رأسي في حوض مزج بطيء تسير فيه المياه رأسيا لأعلى وأسفل



شكل (١٦ ـــ ب)

مسقط أفقي لحوض مزج بطيء تسير فيه المياه أفقيا

ـــ سرعة المياه = ٣٠ سم / ثانية ، والمياه تسير في اتجاه أفقي .

ـــ مدة بقاء المياه في الحوض = ٣٠ دقيقة .

ـــ عرض القنوات = ٤٥ سم .

الحل :

سعة الحوض = التصرف × مدة بقاء المياه في الحوض

= ١٠٠٠٠ × (٣٠ ÷ ٦٠ × ٢٤)

= ٢٠٨,٣ متر مكعب

وحيث أن مدة بقاء المياه في الحوض = ٣٠ دقيقة ، وسرعة المياه = ٣٠,٠ متر / ثانية .

∴ طول مسار المياه = ٣٠ × ٦٠ × ٠,٣٠ = ٥٤٠ متر

ومساحة مقطع القناة بين الحواجز = حجم الحوض ÷ طول مسار المياه

= ٢٠٨,٣ ÷ ٥٤٠ = ٠,٣٨٦ متر مربع

بفرض عرض القناة = ٠,٣٥ م

∴ عمق المياه = ٠,٣٨٦ ÷ ٠,٣٥ = ١,١٠ متر

ويمكن وضع الحوض بحيث يكون مسار المياه كما هو مبين بشكل (١٦ ــ ب) ، كما يمكن أيضا تخطيط الحوض بحيث يكون على شكل جزئين متماثلين متجاورين ، وعموما ، يحدد تخطيط الأحواض ، المساحات المتاحة واتصال هذه الأحواض بالوحدات الأخرى وخاصة أحواض الترسيب .

ثانيا : أحواض يتم فيها المزج بطرق ميكانيكية ، وأسس تصميمها لا يختلف كثيرًا عن الأحواض السابقة ، فلها نفس مدة بقاء الماء في الحوض ، وتعمل القلابات الميكانيكية بحيث تعطي سرعة ودرجة تقليب تساعد على إتمام عملية الترويب ، ولا تتسبب في تفكك ما تجمع من مواد عالقة وتكون هذه الأحواض إما دائرية أو مربعة أو مستطيلة ويبين شكل (١٧) بعض الطرق المستخدمة في عملية المزج البطيء . وعند تصميم هذه الأحواض يراعي الآتي :

١ ــ لا تقل سرعة المياه في الأحواض عن ١٥ سم / دقيقة ، ولا تزيد عن ٤٥ سم / دقيقة

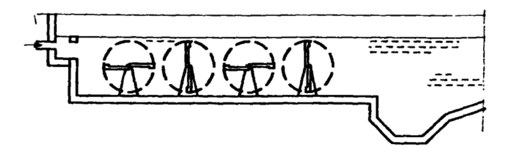
٢ ــ سرعة ألواح المزج تساوى (٢ ــ ١٥) لفة في الدقيقة .

٣ ــ السرعة الدائرية عند محيط القلابات تكون (١٥ ــ ٧٥) سم / ثانية

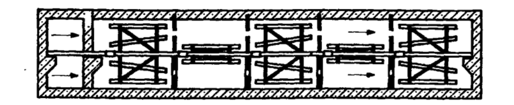
٤ ــ سرعة المياه في القنوات الموصلة بين أحواض المزج البطيء وأحواض الترسيب تكون (١٥ ــ ٤٥) سم / ثانية

أحواض الترسيب .... Sedimentation Tanks

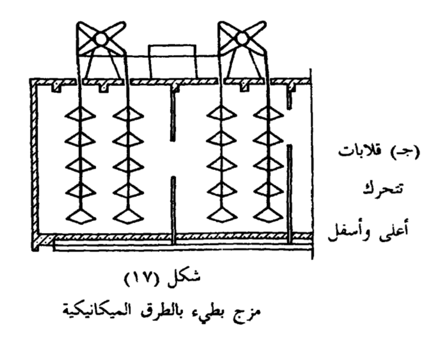
الغرض من هذه العملية ترسيب أكبر قدر من المواد العالقة التي أمكن زيادة حجمها أثناء عملية الترويب . ويصل نسبة ما يترسب من المواد العالقة في أحواض



(ا) قلابات تدور في اتجاه المياه



(ب) قلابات تدور عموديا على اتجاه المياه



(جـ) قلابات تتحرك أعلى وأسفل

شكل (١٧)

مزج بطيء بالطرق الميكانيكية

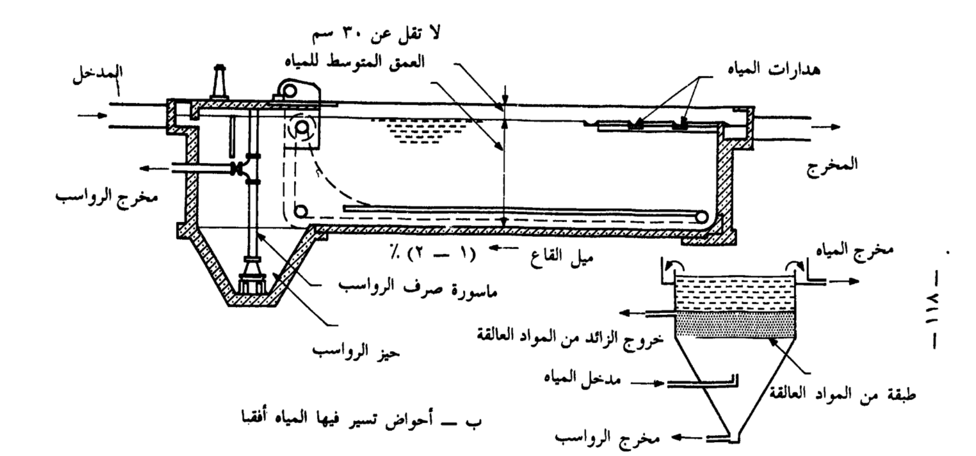
الترسيب إلى ٩٠ ٪ أو أكثر . ويعتمد ذلك على أسس تصميم الأحواض ، ونوعية المياه وتشغيل وحدات الترويب والترسيب .

وتكون الأحواض ، مربعة أو مستطيلة أو دائرية ، ويكون مسار المياه فيها في إتجاه أفقي أو رأسي أو قطري ، كما تنشأ أحيانًا أحواض تشمل الترويب والترسيب معًا .

ويبين شكل (١٨) الطرق المختلفة لتشغيل أحواض الترسيب ، علما بأنه توجد بعض الأنواع التي يتم تشغيلها بطرق مختلفة منها ما هو معروف بأحواض Sludge Blanket Tanks وتعمل هذه الأحواض على أساس سريان المياه المضاف إليها مواد مروبة من أسفل الحوض لأعلى ، بحيث يساعد الشكل الهندسي للحوض على تناقص سرعة المياه في سريانها من أسفل لأعلى فتصل المياه عند مستوى معين يتوازن فيه وزن المواد العالقة مع دفع سرعة المياه لهذه المواد لأعلا بحيث تبقى المواد العالقة معلقة في الحوض عند هذا المستوى وباستمرار هذه العملية تتكون طبقة عند هذا المستوى من المواد العالقة الكثيفة التي تعمل على اصطياد وحجز وتصفية المياه من نسبة كبيرة من المواد العالقة وخاصة الدقيقة منها . ومع أن السطح العلوي لهذه الطبقة يكون واضحا ، إلا أن أسفل هذه الطبقة لا يكون محددا وذلك لاختلاف كثافة المواد العالقة التي تكوّن الطبقة الترسيبية .

ويمكن التحكم في حجم أو سمك هذه الطبقة وذلك بتحويل ما يزيد منها إلى هدارات لتصريفه لخارج الحوض وذلك بطريقة تناسب التصميم الهندسي للحوض ، وبحيث يبقى حجم طبقة الرواسب في حدود ٥ ٪ من حجم حوض الترسيب . وفي الأحواض التي يكون قاعها قمعيا يكون معدل التصرف (٣٠ ـــ ١٠٠) متر / يوم .

وتؤثر مداخل ومخارج أحواض الترسيب في كفاءتها ويوضح شكل ١٨ (ج ، د) بعض الأشكال الهندسية لها .

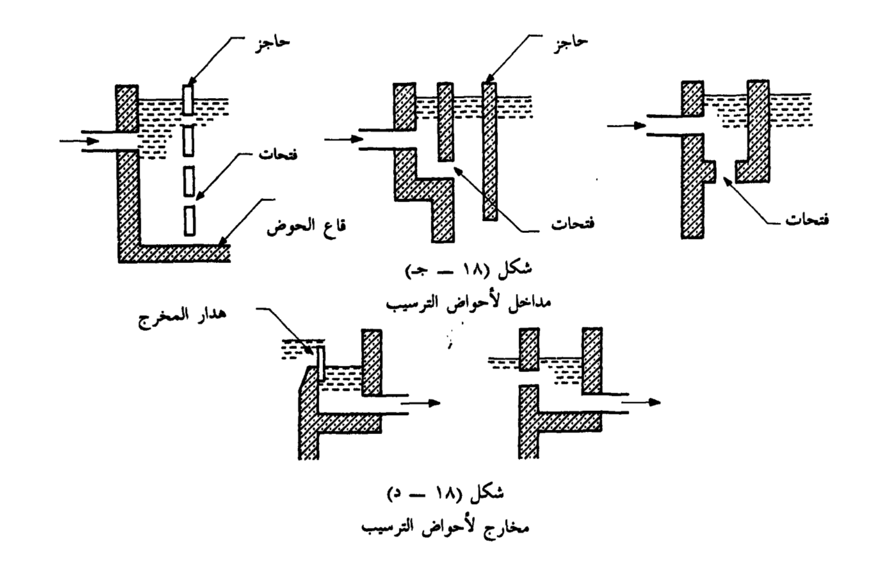


ب ــ أحواض تسير فيها المياه أفقيا

أ ــ Sludge blanket type

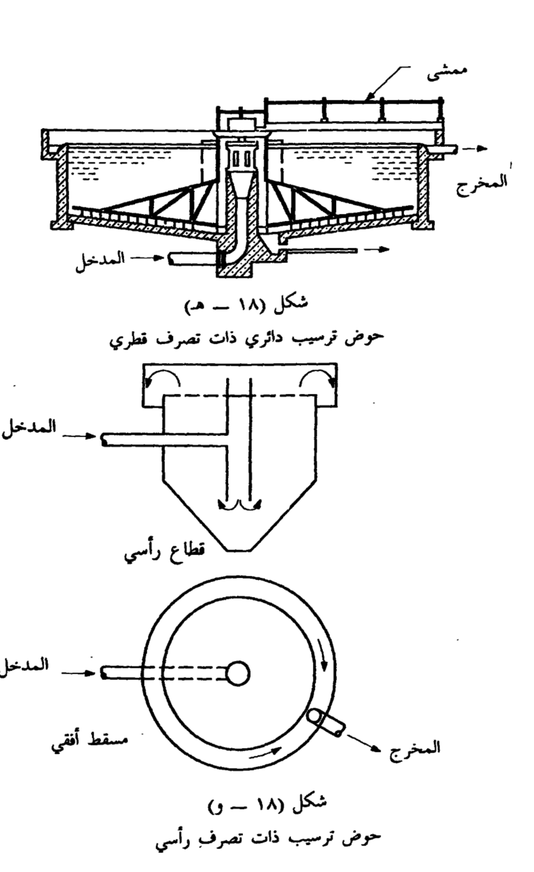
شكل (١٨)

أحواض الترسيب



شكل (١٨ — جـ)
مداخل لأحواض الترسيب

شكل (١٨ — د)
مخارج لأحواض الترسيب

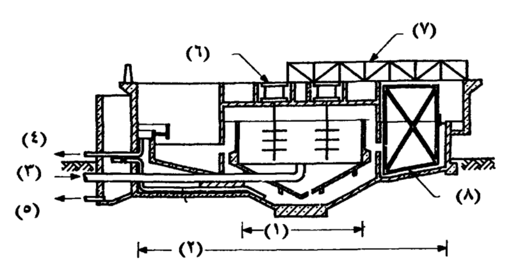


شكل (١٨ ــ هـ)

حوض ترسيب دائري ذات تصرف قطري

شكل (١٨ ــ و)

حوض ترسيب ذات تصرفِ رأسي



قطاع رأسي

(١) قطر حوض الترويب .

(٢) قطر الحوض المشترك للترويب والترسيب .

(٣) المدخل .

(٤) المخرج .

(٣)

مسقط أفقي

(٥) مخرج الرواسب .

(٦) محرك كهربائي .

(٧) كوبري متحرك .

(٨) زحافات لدفع الرواسب لحيز الرواسب .

شكل (١٨ — ز)

حوض دائري مشترك للترويب والترسيب

أسس تصميم أحواض الترسيب :

١ ــ معدل التحميل السطحي (Over Flow Rate) يتروواح بين ٢٠ ــ ٤٠ متر مكعب / متر مربع / يوم .

٢ ــ مدة بقاء الماء في الحوض = ٢ ــ ٤ ساعات .

٣ ــ عمق الحوض = ٣ ــ ٦ متر .

٤ ــ السرعة الأفقية للمياه لا تزيد عن ١٥ سم / دقيقة

٥ ــ الأحواض المستطيلة لا يزيد طولها عن ٤٠ متر ، ويفضل أن يكون في حدود ٣٠ متر .

٦ ــ نسبة الطول إلى العرض في حدود ٤ : ١ .

٧ ــ للأحواض الدائرية يفضل ألا يزيد القطر عن ٤٠ متر .

٨ ــ معدل خروج المياه على هدار المخرج لا يزيد عن ٤٥٠ م^{٣} /م/ يوم

٩ ــ عند استخدام هدارات على شكل V يكون عمقها ٥ سم والمسافات بينها ٨ ــ ١٥ سم .

١٠ ــ يؤثر في تحديد أسس التصميم :

(أ) خصائص المياه ومكوناتها .

(ب) الكفاءة المطلوبة للترسيب .

(جـ) نوعية المرشحات التي تتبع أحواض الترسيب .

(د) تشغيل وحدات التنقية المختلفة .

ويجب مراعاة ألا يقل عدد أحواض الترسيب عن حوضين عند تصميم هذه الوحدات ، لاستمرار التشغيل في حالة حدوث أي أعطال أو صيانة للمعدات والأحواض .

مثال (١) : ــ

لتصرف قدره ١٢٠,٠٠٠ مائة وعشرون ألف متر مكعب في اليوم صمم :

١ ــ حوض المزج السريع .

٢ ــ أحواض المزج البطيء وأحواض الترسيب المستطيلة .

٣ ــ أحواض الترسيب والترويب الدائرية المشتركة .

٤ ــ كمية كبريتات الألومنيوم المستخدمة في الترويب وتكاليفها فى السنة إذا كانت الجرعة المستخدمة في الترويب ٣٠ مجم / لتر ، وكان ثمن الطن ٢٥٠ جنيهًا .

٥ ــ حجم الرواسب المترسبة في أحواض الترسيب في اليوم ، مع تحديد حجم حيز الترسيب في حالة تصريف الرواسب كل ٤ ساعات إذا كان تركيز المواد العالقة في المياه ٦٠ مجم / لتر .

الحل :

١ ــ حوض المزج السريع :

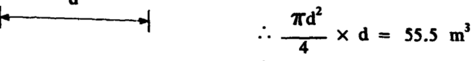
مدة بقاء المياه في الحوض فرضًا ٤٠ ثانية .

حجم الحوض = التصرف × مدة بقاء المياه في الحوض .

= ١٢٠,٠٠٠ × ٤٠ ÷ (٦٠ × ٦٠ × ٢٤) .

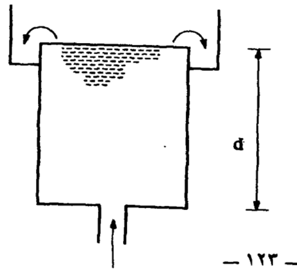
= ٥٥,٥ متر مكعب .

بفرض الحوض دائري ، قطره يساوي عمق المياه فيه :



$$\therefore \frac{\pi d^2}{4} \times d = 55.5 \ m^3$$

$$\therefore d = 4.2\,m$$



٢ ــ أحواض المزج البطيء والترسيب المستطيلة :

أحواض الترسيب :

معدل التحميل السطحي = ٣٠ م^{3} / م^{2} / يوم .

∴ المساحة السطحية لأحواض الترسيب = ١٢٠٠٠٠ ÷ ٣٠ = ٤٠٠٠ م^{2}

بفرض طول الحوض ٣٢ متر ، عرض الحوض ٨ متر .

∴ عدد الأحواض = ١٥,٦ .

وفي حالة اختيار ١٦ حوض ، تكون مساحة الحوض = ٢٥٠ م^{2} .

وأبعاده ٣١,٢٥ × ٨ متر .

وبفرض مدة بقاء الماء في الحوض ٣ ساعات .

يكون حجم الأحواض = ١٢٠٠٠٠ × ٣ ÷ ٢٤ = ١٥٠٠٠ م^{3} .

وعمق الحوض = ١٥٠٠٠ ÷ ٤٠٠٠ = ٣, ٧٥ متر .

أحواض المزج البطيء :

عدد الأحواض هو نفس عدد أحواض الترسيب = ١٦ حوض وبفرض مدة بقاء الماء في الأحواض ٣٠ دقيقة ،

∴ حجم الأحواض = ١٢٠٠٠٠ × ٣٠ ÷ ٦٠ × ٢٤ = ٢٥٠٠ م^{3} .

∴ حجم الحوض الواحد = ٢٥٠٠ ÷ ١٦ = ١٥٦,٢٥ م^{3} .

وحيث أن عرضه هو نفس عرض حوض الترسيب ويساوي ٨ متر وبفرض عمقه ٣ متر ، يكون طول الحوض ٧,٧٥ متر .

٣ ــ أحواض الترسيب والترويب الدائرية المشتركة :

من الخطوات السابقة :

مساحة أحواض الترسيب = ٤٠٠٠ م^{2}

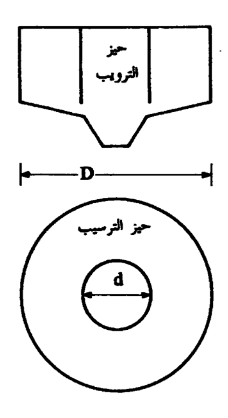
حجم أحواض الترويب = ٢٥٠٠ م^{3}

ويمكن فرض عمق حوض الترسيب ٤,٥ متر .

وعمق حوض الترويب = ٣,٢٥ متر .

∴ مساحة أحواض الترويب = ٧٦٩ متر مربع .

∴ مساحة أحواض الترسيب والترويب . = ٤٧٦٩ متر مربع ، وبفرض القطر D للحوض الذي يشمل الترسيب والترويب = ٣٢ متر تكون مساحته = ٨٠٤ متر مربع وعدد الأحواض = ٥,٩ .



أي أن عدد كل من أحواض الترسيب والترويب المشتركة = ٦

ولإيجاد القطر الداخلي لحوض الترويب ،

تكون مساحة الحوض الواحد = ٧٦٩ ÷ ٦ = ١٢٨ م^{٢} :

∴ القطر الداخلي = ١٢,٨ متر .

٤ ـــ **كمية وتكاليف الشبة المستخدمة في الترويب .**

تركيز الشبة = ٣٠ مجم / لتر (جم / م^{٣}) .

∴ كمية الشبة المستخدمة =١٢٠٠٠٠×٣٠=٣,٦٠٠,٠٠٠ جم/يوم

= ٣٦٠٠ كجم / يوم = ٣,٦ طن / يوم

كمية الشبة في العام = ٣,٦ × ٣٦٥ = ١٣١٤ طن .

تكاليف الشبة المستخدمة في العام = ١٣١٤ × ٢٥٠

= ٣٢٨٥٠٠ جنيها .

٥ ـــ **حجم الرواسب المترسبة :**

تركيز المواد العالقة = ٦٠ مجم / لتر .

وبفرض المترسب في أحواض الترسيب ٩٠ ٪ من المواد العالقة .

∴ وزن المواد المترسبة = ١٢٠٠٠٠ × ٦٠ × ٠,٩٠

= ٦٤٨٠ كجم / يوم = ٦,٤٨ طن / يوم.

وبفرض أن الرواسب بها نسبة ٩٨٪ مياه ، ٢٪ مواد صلبة ،

يكون وزن الرواسب المترسبة = ٦,٤٨ × $\frac{١٠٠}{٢}$ = ٣٢٤ طن/يوم .

وحجم الرواسب = ٣٢٤ م^{٣} فى اليوم .

وفى حالة أحواض الترسيب المستطيلة (١٦ حوض) ،

يكون حجم الرواسب المترسبة فى كل حوض = ٢٠,٢٥م^{٣}/يوم .

وفى حالة صرف هذه الرواسب كل ٤ ساعات ،

يكون حجم حيز الترسيب = ٢٠,٢٥ ÷ ٦ = ٣,٣٧٥ م^{٣} .

وفى حالة أحواض الترسيب الدائرية (٦ أحواض) .

يكون حجم الرواسب المترسبة فى كل حوض = ٥٤ م^{٣}/يوم .

وفى حالة صرف الرواسب كل ٤ ساعات ،

يكون حجم حيز الترسيب = ٥٤ ÷ ٦ = ٩ م^{٣} .

مثال ٢ :

محطة تنقية للمياه تشمل الوحدات الآتية :

ــ حوض مزج سريع سعته ٨٦ م^{٣} .

ــ ٢٠ حوض ترسيب ، أبعاد كل حوض ٤٠×١٠×٣,٦ متر .

ــ طول هدار المخرج لحوض الترسيب = ٣٥ متر .

ــ ٢٠ حوض مزج بطىء ، أبعاد كل حوض ٧,٢٥×١٠× ٢,٥٠ متر .

إحسب أسس التصميم الرئيسية لهذه الوحدات إذا كان التصرف المار فيها مائة وخمسون ألف متر مكعب فى اليوم (١٥٠ ٠٠٠ م^{٣}/يوم).

الحــل :

التصرف = ١٥٠ ٠٠٠ م^{٣}/يوم

= ٦ ٢٥٠ م^{٣}/ساعة

= ١٠٤ م^{٣}/دقيقة

= ١,٧٤ م^{٣}/ثانية

حوض المزج السريع :

التصرف × مدة بقاء المياه فى الحوض = الحجم .

∴ مدة بقاء المياه فى الحوض = ٨٦ ÷ ١,٧٤ = ٤٩,٤ ثانية

أحواض الترسيب :ــ

المساحة السطحية لأحواض الترسيب = ٤٠×١٠×٢٠ = ٨٠٠٠م^{٢}

معدل التحميل السطحى = ١٥٠٠٠٠ ÷ ٨٠٠٠ = ١٨,٧٥ م^{٣}/م^{٢}/يوم

سعة الأحواض = ٤٠ × ١٠ × ٣,٦ × ٢٠ = ٢٨٨٠٠ م^{٣} .

مدة بقاء المياه فى الأحواض = ٢٨٨٠٠ ÷ ١٥٠٠٠٠ = ٠,١٩٢ يوم

= ٤,٦ ساعة

التصرف فى كل حوض = ٧ ٥٠٠ م^{٣}/يوم

معدل خروج المياه على هدار المخرج = ٧ ٥٠٠ ÷ ٣٥

= ٢١٤ م^{٣}/م /يوم

أحواض المزج البطىء :—

حجم حوض المزج البطىء = ٧,٢٥×١٠×٢,٥=١٨١,٢٥ م^{٣}

تصرف كل حوض = ٧ ٥٠٠ م^{٣}/يوم

مدة بقاء المياه فى الحوض = الحجم ÷ التصرف

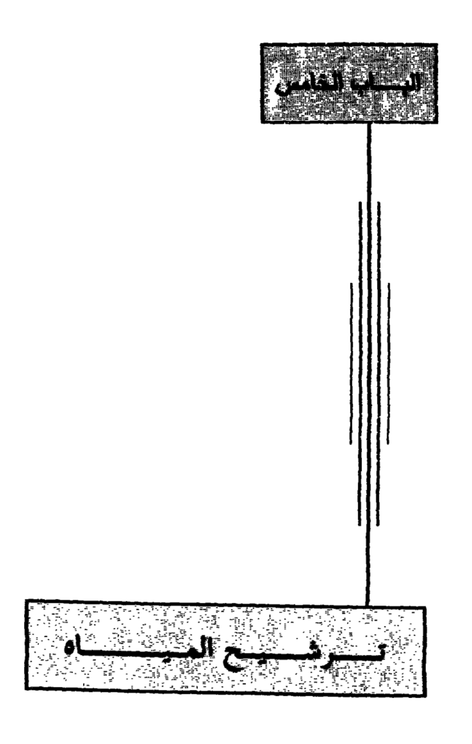
= ١٨١,٢٥ ÷ ٧ ٥٠٠

= ٠,٠٢٤ يوم = ٣٤,٨ دقيقة

طول الحوض = ٧,٢٥ متر = ٧٢٥ سم

السرعة الأفقية للمياه فى الحوض = ٧٢٥ ÷ ٣٤,٨ = ٢٠,٨ سم / دقيقة

* * *


الباب الخامس
ترشيح المياه





الباب الخامس

ترشيح الميـــاه

تتم عملية الترشيح خلال طبقات من الرمل لحجز ما تبقى فى المياه من مواد عالقة وكائنات حية دقيقة بعد عملية الترسيب . ويتم تشغيلها كمرشحات رملية بطيئة أو سريعة حسب معدلات المياه المطلوب تنقيتها ، والعوامل المتحكمة فى التصميم ، وبوجه عام ، تستخدم المرشحات الرملية البطيئة فى تصرفات المياه الصغيرة ، ماعدا الأماكن التى تستخدم فيها مرشحات تعمل تحت ضغط . وتستخدم المرشحات الرملية السريعة فى محطات التنقية ذات التصرفات الكبيرة كما هو الحال فى جميع محطات تنقية المياه بمحافظات القاهرة والأسكندرية والبحيرة وغيرها .

ويمكن تفسير وتوضيح ما يحدث فى عملية الترسيب بالنظريات والأسس الآتية :

(أ) إلتصاق بعض المواد العالقة على سطح حبيبات الرمل ، ويساعد على ذلك الخواص الهلامية للمواد العالقة بسبب المواد المروبة ، وكذلك مسارات المياه المتعرجة خلال طبقات الرمل ، التى تزيد من قوة الطرد المركزية .

(ب) ترسيب بعض المواد العالقة فى فجوات الرمال .

(جـ) تعمل فجوات الرمال كمصفاة تحجز المواد العالقة ذات الأحجام الكبيرة نسبيا .

(د) تتكون طبقة هلامية على سطح الرمال من المواد العالقة الدقيقة ، وما

يحتمل وجوده من كائنات حية دقيقة ، ويساعد ذلك على عملية اصطياد وحجز المواد العالقة .

(هـ) اختلاف الشحنات الكهربائية على كل من المواد العالقة وحبيبات الرمال ، مما يساعد على إلتصاق هذه المواد على حبيبات الرمل .

الرمال المستخدمة فى مرشحات المياه :

تكون الرمال خالية من الأتربة والمواد العضوية والبقايا النباتية والطفلة ، وتكون الرمال بأحجام مناسبة لعملية الترشيح ، فالرمال الصغيرة جدا تكون الفجوات بينها عرضة للسدد بسرعة، والرمال كبيرة الحجم تسمح فجواتها بمرور الكائنات الحية الدقيقة والمواد العالقة الصغيرة من خلال المرشح . وعلى ذلك تكون الرمال المستخدمة فى عملية الترشيح لها تدرج حبيبى معين يمكن تحديده بعد ذكر بعض المصطلحات الآتية :ـــ

الحجم الفعال : .... Effective Size

الحجم الفعال للرمل هو فتحة المنخل بالملليمتر التى تسمح بمرور ١٠٪ من وزن الرمل؛ أو بمعنى آخر ؛ يمكن تعريف الحجم الفعال ، على أنه فتحة المنخل التى تحجز ٩٠٪ بالوزن من الرمل ، بغض النظر عن التدرج الحبيبى للرمل ، أو الحجم الأصغر أو الأكبر للرمال . ويؤثر التدرج الحبيبى للرمال فى كفاءة عمل المرشح .

معامل الانتظام :

يعبر عن درجة التغير فى حجم الرمل؛ وهو عبارة عن النسبة بين فتحة المنخل التى يمر من خلالها ٦٠٪ من وزن الرمل ، وبين الحجم الفعال . وبمعنى آخر يمكن تعريف معامل الانتظام على أنه؛ النسبة بين فتحة المنخل التى تحجز ٤٠٪ من وزن الرمل وبين الحجم الفعال . وعلى سبيل المثال ، إذا كانت فتحة المنخل التى يمر من خلالها ٦٠٪ من وزن الرمل هي ٠,٧٠ مم ، وكان الحجم الفعال

للرمل هو ٠,٣٥ مم ، فإن معامل الإنتظام = ٠,٧٠÷٠,٣٥ = ٢ .

وللرمال المستخدمة فى المرشحات الرملية البطيئة ، يكون الحجم الفعال (٠,٣٠) — (٠,٣٥) مم ؛ ويكون معامل الإنتظام (١,٧٥ — ٢) . ولرمال المرشحات الرملية السريعة ، يكون الحجم الفعال (٠,٣٥) — (٠,٥٠) مم . ويفضل ألا يزيد معامل الإنتظام عن ١,٦٠ .

وبالنسبة للزلط المستخدم فى المرشحات الرملية البطيئة فليس له أى دور فى عملية التنقية ، ويعمل الزلط كأساس لطبقة الرمل . أما فى المرشحات الرملية السريعة ، فإن الزلط علاوة على أنه أساس لطبقة الرمل ، فإنه يقوم بتوزيع مياه الغسيل أسفل المرشح لتسير لأعلى بصورة متجانسة خلال طبقة الرمل .

ويوضع الزلط فى طبقات ، الأكبر حجما منها فى القاع ، يعلوها الأصغر فالأصغر وهكذا . ويبين الجدول الآتى سمك وأحجام الزلط المناسبة لعملية الترشيح .

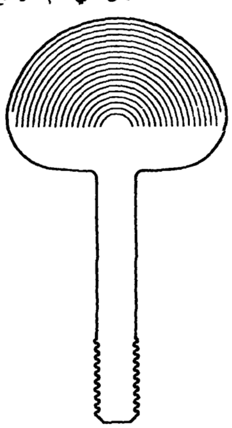
حجم الزلط — مم	٦	٦—١٣	١٣—٢٠	٢٠—٤٠	٤٠—٦٠
سمك طبقات الزلط — سم	١٠	٧,٥	٧,٥	٧,٥	١٢,٥

المرشحات الرملية السريعة .... Rapid Sand Filters

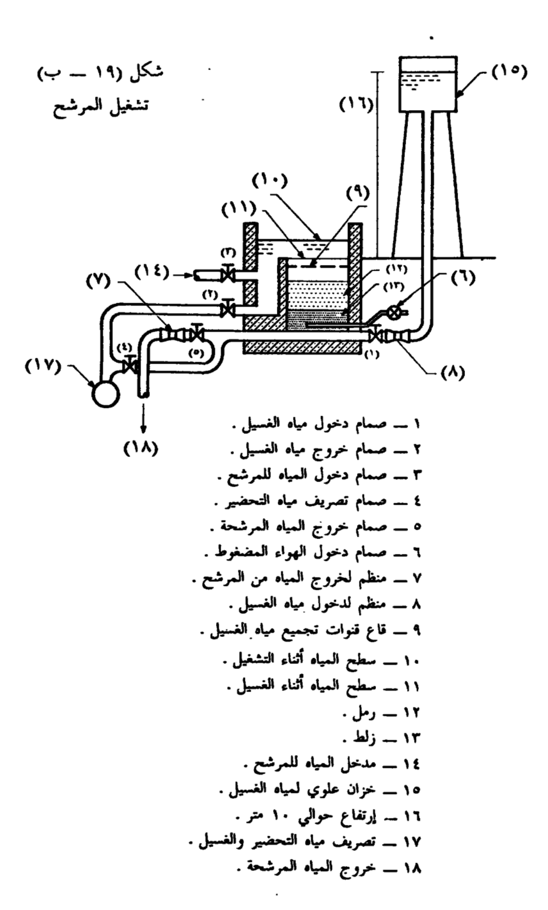
يبين شكل (١٩) تفاصيل المرشح الرملي السريع ، وبه طبقات من الرمل بأحجام متدرجة تناسب معدل الترشيح المطلوب وكفاءته . وتوجد طبقة من الزلط تعمل كأساس أسفل الرمل ، وتساعد في توزيع مياه الغسيل التي تدخل أسفل المرشح . ويوضع أسفل الزلط مصافي أو مواسير مثقبة تصب في قناة رئيسية لتجميع المياه المرشحة ، ويختلف طرق تركيبها حسب نظام تشغيل المرشح وأبعاده ومنشآته ، ويكون حجم الرمال الفعال ٠,٥٠ مم ، ومعامل الإنتظام ١,٥ .

ويكون عمق الرمل عادة (٥٠ ــ ٧٥) سم ، وعمق الزلط أسفل الرمل في حدود (٤٠ ــ ٦٠) سم . ويراعي ألا يزيد الارتفاع بين سطح الرمل وسطح قنوات الغسيل عن ٧٥ سم .

وتستخدم أنواع كثيرة لتجميع المياه من قاع المرشح منها ما هو مبين بالشكل (١٩ ــ ا) وهو عبارة عن أنابيب من البلاستيك تنتهي من أعلى بشبكة دقيقة جدا ، وتركب هذه الأنابيب في بلاطة خرسانية فوق قاع المرشح . وتوضع طبقة من الزلط بارتفاع ٤٠ سم وبتدرج في الحجم بين (٢ ــ ٤٠) مم ، توضع فوق الأنابيب ، ويعلو الزلط طبقة الرمل التي يتم الترشيح خلالها .



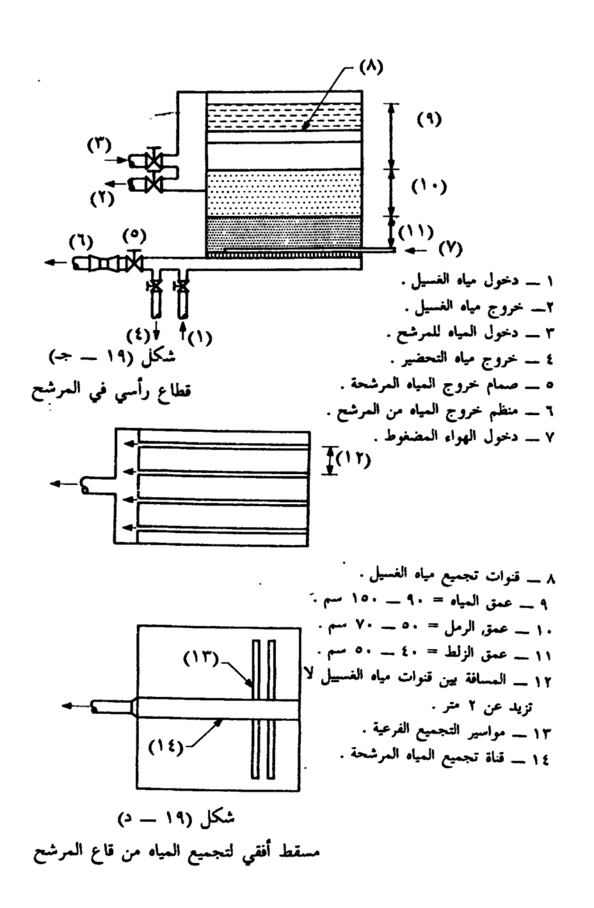
شكل (١٩ ــ ا)
أنابيب تجميع المياه من القاع



شكل (١٩ ــ ب)

تشغيل المرشح

١ ــ صمام دخول مياه الغسيل .
٢ ــ صمام خروج مياه الغسيل .
٣ ــ صمام دخول المياه للمرشح .
٤ ــ صمام تصريف مياه التحضير .
٥ ــ صمام خروج المياه المرشحة .
٦ ــ صمام دخول الهواء المضغوط .
٧ ــ منظم لخروج المياه من المرشح .
٨ ــ منظم لدخول مياه الغسيل .
٩ ــ قاع قنوات تجميع مياه الغسيل .
١٠ ــ سطح المياه أثناء التشغيل .
١١ ــ سطح المياه أثناء الغسيل .
١٢ ــ رمل .
١٣ ــ زلط .
١٤ ــ مدخل المياه للمرشح .
١٥ ــ خزان علوي لمياه الغسيل .
١٦ ــ إرتفاع حوالي ١٠ متر .
١٧ ــ تصريف مياه التحضير والغسيل .
١٨ ــ خروج المياه المرشحة .



شكل (١٩ ــ جـ)

قطاع رأسي في المرشح

١ ــ دخول مياه الغسيل .
٢ــ خروج مياه الغسيل .
٣ ــ دخول المياه للمرشح .
٤ ــ خروج مياه التحضير .
٥ ــ صمام خروج المياه المرشحة .
٦ ــ منظم خروج المياه من المرشح .
٧ ــ دخول الهواء المضغوط .

٨ ــ قنوات تجميع مياه الغسيل .
٩ ــ عمق المياه = ٩٠ ــ ١٥٠ سم .
١٠ ــ عمق الرمل = ٥٠ ــ ٧٠ سم .
١١ ــ عمق الزلط = ٤٠ ــ ٥٠ سم .
١٢ ــ المسافة بين قنوات مياه الغسيل لا تزيد عن ٢ متر .
١٣ ــ مواسير التجميع الفرعية .
١٤ ــ قناة تجميع المياه المرشحة .

شكل (١٩ ــ د)

مسقط أفقي لتجميع المياه من قاع المرشح

تشغيل المرشح :

أولا : بداية التشغيل :

بالاستعانة بشكل (٢٠ ـــ ب) ، (٢٠ ـــ جـ) يمكن فتح الصمامان (١) ، (٢) حتى ترتفع المياه في المرشح من أسفل لأعلى ، وذلك لطرد الهواء من بين فجوات الزلط والرمل .

ثانيا : فترة التحضير :

تقفل الصمامات (١) ، (٢) وتفتح الصمامات (٣) ، (٤) لمدة (٥ ـــ ١٥) دقيقة لتهيئة المرشح للعمل بتكوين طبقة هلامية رقيقة على سطح الرمل لتساعد في اتمام عملية الترشيح بكفاءة .

ثالثا : فترة الترشيح :

يقفل صمام (٤) ويفتح (٣) ، (٥) وتستمر هذه الفترة (١٢ ـــ ٣٦) ساعة حتى يصل الفاقد في الضغط نتيجة مرور المياه في طبقات الرمل والزلط إلى حوالى ٢٥٠ سم ويكون هذا الفاقد في البداية (٤٠ ـــ ٦٠) سم .

رابعا : غسيل المرشح :

يقفل الصمام رقم (٣) ، (٥) ويفتح صمام (٧) لدخول الهواء المضغوط لمدة دقيقتين أو ثلاثة ، ويفتح صمام (١) وصمام (٢) لمدة حوالي ٥ دقائق لدخول مياه الغسيل وتصريفها وبعد ذلك تعاد هذه الدورة بفترة التحضير ثم فترة الترشيح ثم فترة الغسيل ، وهكذا .

ويستخدم في مساعدة غسيل المرشحات أحيانا امشاط معدنية تتحرك في الجزء العلوي من الرمال فتساعد على تحريك حبيبات الرمال واحتكاكها وتستخدم احيانا رشاشات مياه قوية يتم توجيهها لسطح المرشح وأحيانا يستخدم هواء مضغوط مع هذه الرشاشات ، ويعتمد اختيار طريقة الغسيل على أبعاد المرشح وتصميمه وتشغيله .

مرشحات رملية تعمل تحت ضغط

وهي عبارة عن هيكل إسطواني يتحمل ضغط داخلي أكبر من ٢ جوى ، ويوضع بداخله مواد للترشيح مثل الرمل ويستخدم هذا النوع على نطاق واسع في التصرفات الصغيرة ولترشيح مياه حمامات السباحة بوجه خاص . وتوجد منه أنواع وأحجام كثيرة . ويجب إختبار هيكل المرشح على ضغط لا يقل عن ضعف ضغط التشغيل .

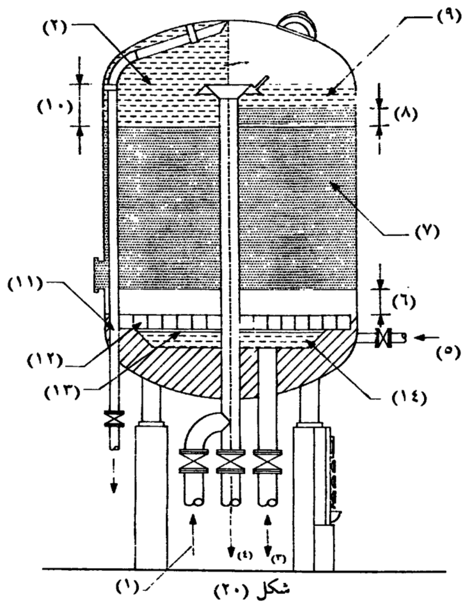
ويفضل ألا يزيد معدل الترشيح في هذا النوع عن ٢٤٠ متر مكعب للمتر المربع في اليوم . وتكون هذه المرشحات إما رأسية أو أفقية من حيث محور الهيكل الإسطواني للمرشح ، إلا أن سريان المياه في كلا النوعين يكون رأسيا ومن أعلى لأسفل . ويكون هيكل المرشح عادة من الصلب المقاوم للصدأ .

ويكون قطر المرشح (٥٠ ـــ ٢٦٠) سم ، وطوله أو ارتفاعه (١٠٠ ـــ ٧٥٠) سم . والأحجام المستخدمة بكثرة تكون عادة بالتصرفات الآتية : ـــ
(٥ ـــ ١٠ ـــ ٢٠ ـــ ٣٠ ـــ ٦٠ ـــ ١٠٠ ـــ ١٥٠) متر مكعب في الساعة .
وفي أي الأحوال يفضل استخدام مرشحين على الأقل في عملية المعالجة تحسبا لأي أعطال أو مشاكل في التشغيل .

ويبين شكل (٢٠) رسما توضيحيا لهذا النوع من المرشحات .

مرشحات دياتومية :

ويستخدم فيها أتربة دياتومية في شكل طبقات سليكية رقيقة من الدياتوم ، وهو طحلب مائي مجهري أحادي الخلية جدرانه مشبعة بالسليكا . وتوضع في المرشح طبقات متتابعة رقيقة بالعمق المطلوب لعملية الترشيح . وتستبدل مواد الترشيح الدياتومية بأخرى عندما تصبح غير صالحة للترشيح ، وذلك بعد تشغيل المرشح لمدة معينة تعتمد على نوعية المياه ، ومعدل الترشيح .



شكل (٢٠)

مرشحات تعمل تحت ضغط

— دخول المياه للمرشح .

— المياه بعد دخولها للمرشح قبل عملية الترشيح .

١ — خروج المياه المرشحة ، ودخول مياه الغسيل .

٤ — خروج مياه الغسيل .

٥ — دخول الهواء المضغوط .

— طبقة من الزلط أو الركام الخشن .

١ — طبقة من الرمل أو المواد المستخدمة في الترشيح .

٨ — تمدد الرمل أثناء عملية الغسيل .

٩ — مياه الغسيل .

١٠ — فراغ فوق الرمل .

١١ — ماسورة تهوية .

١٢ — بلوكات مفرغة .

١٣ — قاع المرشح .

١٤ — قناة دخول مياه الغسيل .

وفي تشغيل هذا النوع يكون الضغط الذي تعمل عليه وحدات الرفع أكبر من ضغط وحدات الرفع المستخدمة مع المرشحات الرملية ، وذلك لأن المرشحات الدياتومية تحتاج لضغط في بداية التشغيل أكبر بحوالي ٥٠ ٪ عن الضغط المطلوب للمرشحات الرملية التي تعمل تحت ضغط . هذا علاوة على أن تكاليف استبدال مواد الترشيح الدياتومية قد تصل لأربعة أضعاف تكاليف غسيل الرمل واستبداله ، مع الأخذ في الاعتبار تكاليف المياه التي تستخدم في غسيل المرشحات الرملية .

إستخدام الكربون المنشط في عملية الترشيح :

يستخدم الكربون المنشط لإزالة بعض المواد العضوية والغير عضوية من المياه ، باستجذاب هذه المواد وتجميعها ، ويؤثر في هذه العملية :ـــ

(١) خواص الكربون المنشط .

(٢) خواص المواد المطلوب التخلص منها وتركيزها في المياه .

(٣) خواص المياه .

(٤) النظام الهندسي المستخدم في العملية .

تجدُّد الكربون الحبيبي المنشّط .

يكون العامل الاقتصادي هو المؤثر في اختيار أحد البديلين الآتيين : ـــ

(أ) تجدُّد الكربون الحبيبي المنشط بعد استعماله لفترة محددة .

(ب) إستخدام كربون منشط جديد .

فالأقل تكلفة من البديلين يمكن اختياره وتستخدم في عملية تجدد الكربون الطرق الآتية : ـــ

(١) إستخدام مواد حامضية أو قلوية أو مذيبة للشوائب التي تم حجزها على الكربون ، وفي هذه الحالة يمر المحلول أو السائل على طبقة الكربون في عكس الاتجاه الذي تمر فيه المياه أثناء التشغيل . وبعد انتهاء عملية التجدد ، يتم تصريف ما بقى من محلول من طبقة الكربون ويتم تنظيفه بالمياه ويعاد استعماله .

(٢) التجدد الحراري ، ويتم على ثلاثة مراحل : —

أ — التجفيف عند درجة حرارة حوالي ١٠٠ درجة مئوية وتستمر هذه العملية حوالي ١٥ دقيقة يتم خلالها تجفيف الكربون مما تبقى فيه من المياه .

ب — إخضاع الشوائب العضوية المحجوزة بالكربون للإنحلال الحراري عند درجة حرارة حوالي ٨٠٠ درجة مئوية ، وتستمر هذه العملية حوالي ٥ دقائق ، يتم خلالها إنحلال المواد المحجوزة بالكربون ، ويتطاير الجزء العضوي منها .

جـ — تنشيط الكربون عند درجة حرارة أعلى من ٨٠٠ درجة مئوية وتستمر هذه العملية حوالي ١٠ دقائق ، يتم خلالها أكسدة الشوائب المتبقية من المرحلة السابقة ويصبح الكربون منشطا في النهاية .

ويبين الشكل نموذج لمرشح تستخدم فيه أحد أنواع الفحم .

أسس التصميم والتشغيل :

١ — معدل الترشيح = ١٢٠ — ٢٤٠ م^{٣}/م^{٢}/يوم .

٢ — عدد المرشحات يمكن استنتاجه من المعادلة :

$$ن = ٠,٠٤٤ \sqrt{ت}\ .$$

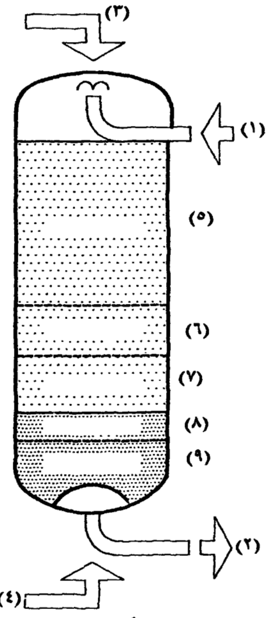
حيث : ن = عدد المرشحات .

ت = تصرف المياه م^{٣}/يوم .

٣ — نسبة الطول للعرض تتراوح بين ١ — ١,٤ .

٤ — معدل مياه الغسيل = (٥٠٠ — ٦٠٠) لتر لكل متر مربع من مساحة المرشح فى الدقيقة . ويمكن حساب مياه الغسيل على أساس أنها تساوى (١ — ٥)٪ من كمية المياه المرشحة أثناء فترة الترشيح .

٥ — معدل دخول الهواء المضغوط لعملية غسيل المرشحات يكون



إستخدام الكربون في عملية الترشيح

١ ــ دخول المياه للمرشح .
٢ ــ خروج المياه المرشحة .
٣ ــ إتجاه المياه أثناء الترشيح .
٤ ــ إتجاه مياه الغسيل .
٥ ــ أنثراسيت .
٦ ــ رمل .
٧ ــ جرانيت ناعم .
٨ ــ جرانيت خشن .
٩ ــ زلط .

(١ ــ ١,٥) متر مكعب/دقيقة/متر مربع من مساحة المرشح .
ويستمر دخول الهواء للمرشح لمدة (٢ ــ ٣) دقيقة .

٦ــ السرعة فى الماسورة التى تحمل المياه من أحواض الترسيب إلى مداخل المرشحات = ٣٠ ــ ٦٠ سم/ثانية .

٧ــ السرعة فى ماسورة المياه المرشحة = ٩٠ ــ ١٨٠ سم/ثانية .

٨ــ السرعة فى ماسورة مياه الغسيل = ١٥٠ ــ ٣٠٠ سم/ثانية .

٩ــ السرعة فى ماسورة صرف مياه الغسيل = ١٠٠ ــ ٢٠٠ سم/ثانية .

١٠ ــ السرعة فى ماسورة صرف مياه التحضير = ١٥٠ ــ ٣٠٠ سم/ثانية .

١١ــ قنوات تجميع مياه الغسيل .

تكون المسافة بينها ١٥٠ ــ ٢٠٠ سم ، ويمكن حساب أبعادها من المعادلة .

$$Q = 0.76\ bh^{\frac{3}{2}}$$

حيث :

Q = التصرف فى قناة مياه الغسيل ، لتر/دقيقة .

b = عرض القناة ، سم .

h = عمق المياه فى بداية القناة ، سم .

١٢ــ تجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل بقاع المرشح يتم بطرق عديدة تعتمد على طريقة تشغيل المرشح ، وطبقات المواد المستخدمة فى الترشيح ومن هذه الطرق :

(أ) أنابيب البلاستيك شكل (١٩ــ أ) ، التى تنتهى من أعلاها بشبكة دقيقة جداً ، وتركب هذه الأنابيب فى بلاطة خرسانية بالقاع .

(ب) استخدام مواسير مثقبة تصب فى قناة رئيسية بقاع المرشح شكل (١٩ــ ء) وتكون الفتحات على الجانبين أسفل المواسير لتخرج منها المياه أثناء الغسيل متجهة إلى قاع المرشح وحبيبات الزلط فيصير توزيع المياه المتجهة إلى

أعلا بانتظام وتجانس بالنسبة لمساحة المرشح . ويمكن الاستعانة فى تصميم هذه المواسير بما ورد فى مرجع (.. Fair and Geyer) .

ـ قطر الفتحات = $\frac{١}{٤}$ - $\frac{٣}{٤}$ بوصة .

ـ المسافة بين الفتحات = ٣ ـ ١٢ بوصة .

ـ نسبة مساحة الفتحات إلى مساحة المرشح = (٠,٠٠١٥ : ١) إلى (٠,٠٠٥ : ١) .

ـ نسبة مساحة مقطع الماسورة الفرعية إلى مساحة الفتحات على الماسورة = (٢ : ١) إلى (٤ : ١) .

ـ نسبة مساحة مقطع القناة الرئيسية إلى مجموع مساحة مقطع المواسير الفرعية المتصلة بالقناة = (١:١,٥) إلى (١:٣) .

ـ يفضل أن تكون المسافة بين المواسير الفرعية مساوية للمسافة بين الفتحات على هذه المواسير ، ليكون توزيع مياه الغسيل متجانساً ومنتظماً .

مثال :

لتصرف قدره مائة ألف متر مكعب فى اليوم ، صمم المرشحات الرملية السريعة بحيث يشمل التصميم :

١ ـ عدد المرشحات وأبعادها .

٢ ـ مواسير المياه المتصلة بالمرشح .

٣ ـ سعة الخزان العلوى اللازم لغسيل المرشحات .

٤ ـ قنوات مياه الغسيل .

٥ ـ ماسورة الهواء المضغوط التى تستخدم فى عملية الغسيل .

٦ ـ نظام تجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل بقاع المرشح .

الحـــل :

١ ـ عدد المرشحات :

العدد = ٠,٠٤٤ $\sqrt{ت}$

ت = ١٠٠ ٠٠٠ م^٣^/ يوم .

∴ العدد = ٠,٠٤٤ $\sqrt{١٠٠ ٠٠٠}$

= ١٣,٩١ = ١٤ مرشح .

وبفرض معدل الترشيح = ١٤٠ م^٣^/م^٢^/يوم .

∴ مساحة المرشحات = ١٠٠ ٠٠٠ ÷ ١٤٠ = ٧١٤,٣ م^٢^

مساحة المرشح الواحد = ٥١ م^٢^ .

أبعاد المرشح ٦,٤ × ٨ متر .

معدل الترشيح أثناء غسيل المرشحات ، يمكن حسابه على أساس غسيل كل مرشحين إثنين مع بعض ، أى أنه أثناء الغسيل يكون عدد المرشحات العاملة = ١٢ .

∴ معدل الترشيح أثناء الغسيل = التصرف÷مساحة المرشحات العاملة

= ١٠٠ ٠٠٠ ÷ (١٢ × ٥١)

= ١٦٣,٤ م^٣^/م^٢^/يوم

وهذا المعدل يقع فى حدود أسس التصميم .

٢ ــ مواسير المياه المتصلة بالمرشح :

يفضل فى حساب أقطار هذه المواسير ، اختيار قيمة متوسطة للسرعات وذلك بسبب التغيرات الموسمية لمعدل التصرف .

(أ) ماسورة المياه من أحواض الترسيب للمرشحات :

السرعة = ٤٠ سم/ثانية

التصرف = ١٠٠ ٠٠٠ م^٣^/يوم

= ١,١٥٧ م^٣^/ثانية

∴ قطر الماسورة = ١,٩٢ متر = ٢ متر

وفى هذه الحالة تكون السرعة = ٣٧ سم/ثانية

وفى حالة استخدام ماسورتين تحمل كل منهما نصف التصرف .

∴ التصرف = ١,١٥٧ ÷ ٢ = ٠,٥٨ م^{٣}/ثانية

السرعة = ٤٠ سم/ثانية

∴ قطر الماسورة = ١,٣٦ متر

= ١,٤٠ متر

وفى هذه الحالة ؛ السرعة = ٣٨ سم/ثانية

ولحساب قطر فرعة الماسورة التي تغذي كل مرشح :

تصرف كل مرشح = ١,١٥٧ ÷ ١٤ = ٠,٠٨٣ م^{٣} / ثانية

السرعة = ٤٠ سم/ثانية

∴ القطر = ٠,٥١٣ متر

= ٠,٥٠ متر

وفى هذه الحالة تكون السرعة = ٤٢ سم/ثانية

(ب) ماسورة المياه المرشحة :

التصرف = ١,١٥٧ م^{٣}/ثانية

السرعة = ١,٣٥ متر/ثانية

∴ قطر الماسورة = ١,٠٤ متر = ١ متر

وفى هذه الحالة ، السرعة = ١,٤٧ متر/ثانية

وفى حالة استخدام ماسورتين للمياه المرشحة تحمل كل منهما نصف التصرف بسرعة ١,٣٥ متر / ثانية ، يكون قطر كل ماسورة ٧٤سم ويمكن اختيار القطر ٧٥ سم أو ٧٠ سم وتكون السرعة ١,١٥ متر/ثانية أو ١,٥٠ متر / ثانية على التوالي . والقطر الأقرب هو ٧٥ سم ولكن يتوقف اختياره على توافر وجوده .

ولحساب قطر ماسورة المياه المرشحة المتفرعة من كل مرشح ؛

تصرف كل مرشح = ٠,٠٨٣ م^{٣}/ثانية .

السرعة = ١,٣٥ متر/ثانية

∴ القطر = ٠,٢٨ متر = ٠,٣٠ متر

والسرعة في هذه الحالة = ١,١٧ متر/ثانية

(جـ) ماسورة مياه الغسيل

يمكن فرض معدل مياه الغسيل ٥٥٠ لتر/متر مربع من مساحة المرشح في الدقيقة .

معدل المياه لكل مرشح = ٥٥٠×٥١ = ٢٨٠٥٠ لتر/دقيقة

= ٠,٤٧ م^{٣}/ثانية

السرعة = ٢,٢٥ متر/ثانية

القطر = ٠,٥٢ متر = ٠,٥٠ متر

والسرعة في هذه الحالة = ٢,٣٩ متر/ثانية

وبالنسبة للماسورة الرئيسية التي تحمل مياه الغسيل لجميع المرشحات فإن تحديد قطرها يتوقف على عدد المرشحات التي يتم غسيلها في نفس الوقت . وعادة يتم غسيل كل مرشح على حده في محطات التنقية الصغيرة ، أما في المحطات الكبيرة فيمكن غسيل كل مرشحين إثنين معاً ، وفي هذه الحالة يكون معدل مياه الغسيل مساوياً (٠,٤٧ × ٢) = ٠,٩٤ م^{٣}/ثانية ، فإذا افترضنا السرعة = ٢,٢٥ م/ثانية فإن القطر = ٠,٧٣ متر ويمكن اختيار القطر ٧٠سم أو ٧٥سم .

(د) ماسورة تصريف مياه الغسيل :

تحمل الماسورة نفس تصرف مياه الغسيل .

بالنسبة لفرعة تصريف مياه الغسيل من كل مرشح .

التصرف = ٠,٤٧ م^٣/ثانية .

السـرعـة = ١,٥٠ م/ثانية .

القـطـر = ٠,٦٣ متر = ٠,٦٠ متر .

والسرعة فى هذه الحالة = ١,٦٦ م/ثانية .

وبالنسبة للماسورة الرئيسية التى تحمل مياه الغسيل من جميع المرشحات وتحمل مياه غسيل مرشحين فى نفس الوقت ، يكون التصرف = ٠,٩٤ م^٣/ثانية .

والسرعة = ١,٥٠ م/ثانية .

وقطر الماسورة = ٠,٨٩ متر = ٩٠, متر .

(هـ) ماسورة تصريف مياه التحضير :

تصرف كل مرشح = ٠,٠٨٣ م^٣ / ثانية .

السرعة = ٢,٢٥ م/ثانية .

القـطـر = ٠,٢١٦ متر = ٠,٢٠ متر .

والسرعة فى هذه الحالة = ٢,٦٤ م/ثانية .

وتتصل فرعات تصريف مياه التحضير بالماسورة الرئيسية التى تحمل مياه الغسيل من المرشحات والتى سبق حساب قطرها ويساوى ٠,٩٠ متر .

٣ ـــ سعة الخزان العلوى :

معدل مياه الغسيل لكل مرشحين معاً = ٠,٩٤ م^٣/ثانية .

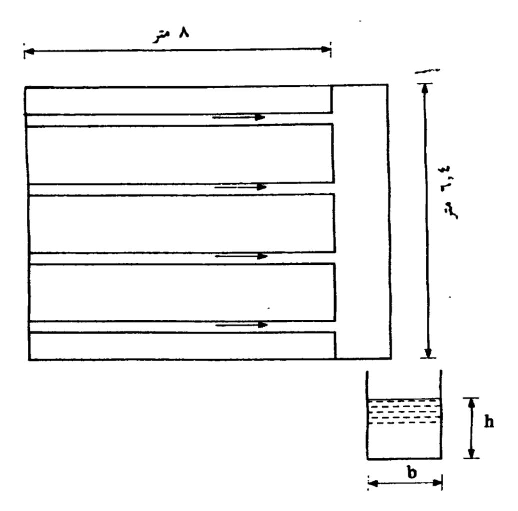
وبفرض أن عملية الغسيل تستمر ٥ دقائق .

∴ سعة الخزان = ٠,٩٤×٦٠×٥ = ٢٨٢ م^٣

٤ ـــ قنوات مياه الغسيل :

باستخدام المعادلة الآتية :

$$Q = 0.76\ bh^{\frac{3}{2}}$$



حيث :

Q = التصرف فى كل قناة ، لتر/دقيقة .

b = عرض القناة ، سم .

h =عمق المياه فى بداية القناة ، سم .

بفرض عدد قنوات مياه الغسيل حسب الرسم التخطيطى يساوى ٤ .

تصرف مياه الغسيل للمرشح = ٠,٤٧ م٣ /ثانية .

التصرف فى كل قناة = ٠,٤٧ ÷ ٤ = ٠,١١٧٥ م٣/ثانية .

= ٧٠٥٠ لتر/دقيقة .

بفرض b = ٤٠ سم

وبالتعويض فى المعادلة السابقة

$$Q = 0.76\ bh^{\frac{3}{2}}$$

∴ h = ٣٧,٧ سم .

ويمكن فرض الميل المناسب لقاع القناة حوالى ٣ ٪ .

٥ ــ ماسورة الهواء المضغوط :

معدل دخول الهواء المضغوط=١,٢٥ م^3/م^2 من مساحة المرشح/دقيقة

معدل الهواء المطلوب للمرشح الواحد = ١,٢٥×٥١ = ٦٣,٧٥ م^3 فى الدقيقة = ١,٠٦ م^3/ثانية .

السرعة فى ماسورة الهواء = ١٥ م/ثانية .

قطر الماسورة التى تحمل الهواء لمرشح واحد = ٣٠ سم .

وبالنسبة للماسورة التى تغذى مرشحين إثنين بالهواء يكون تصرف الهواء = ٢,١٢ م^3/ثانية ، وقطر الماسورة = ٠,٤٢ متر ، وذلك على أساس أن السرعة ١٥ م/ثانية .

وفى حالة إختيار القطر = ٠,٤٠ متر ،

تكون السرعة = ١٦,٨٧ م/ثانية .

٦ ــ نظام تجميع المياه المرشحة من قاع المرشح :

فى حالة إختيار نظام المواسير المثقبة ، يمكن الإستعانة بالبند (١٢ ــ ب) من أسس التصميم .

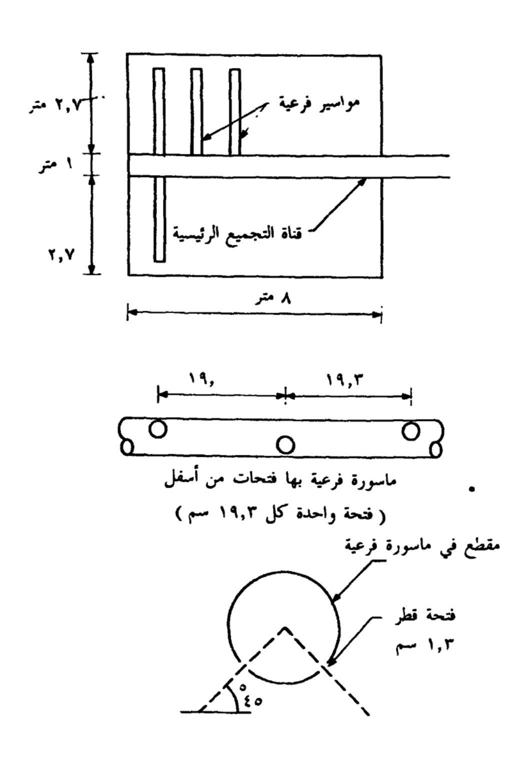
بفرض قطر الفتحة نصف بوصة = ١,٢٧ سم .

مساحة الفتحة = ١,٢٦٧ سم^2 .

مساحة الفتحات = ٠,٠٠٣٠ من مساحة المرشح .

= ٠,٠٠٣٠ × ٥١ = ٠,١٥٣ م^2 .

= ١٥٣٠ سم^2 .



عدد الفتحات = ١٥٣٠ ÷ ١,٢٦٧ = ١٢٠٨ فتحة .

وكفرض مبدئى لعدد المواسير الفرعية من الرسم ، نجد أنه فى حالة فرض

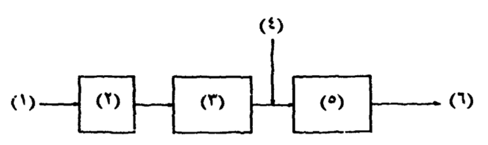
المسافة بين المواسير الفرعية ٢٠ سم ، يكون عدد المواسير الفرعية على جانبى القناة الرئيسية ٨٠ ماسورة ، وفى هذه الحالة يكون عدد الفتحات على كل ماسورة = ١٢٠٨ ÷ ٨٠ = ١٥ فتحة .
وتكون المسافة بين الفتحات بالتقريب = ١٨ سم .

وكما سبق فى أسس التصميم يفضل أن تكون المسافة بين الفتحات هى نفس المسافة بين المواسير الفرعية ، ويمكن لمراعاة ذلك زيادة قطر الفتحات إلى ١,٣ سم ، فيكون مساحة مقطعها = ١,٣٣ سم^{2}، ويكون عدد الفتحات ١١٥٠ فتحة .
عدد الفتحات على كل ماسورة فرعية = ١١٥٠ ÷ ٨٠ = ١٤ فتحة.
المسافة بين الفتحات = ٢٧٠ ÷ ١٤ = ١٩,٣ سم .
وتؤخذ هذه المسافة ٢٠ سم لتكون مساوية للمسافة بين المواسير الفرعية .

ولحساب قطر الماسورة الفرعية :
مساحة المقطع = ٣ × مساحة الفتحات على الماسورة
= ٣ × ١٤ × ١,٣٣ = ٥٥,٨٦ سم^{2}
قطر الماسورة = ٨,٤ سم = ٧,٥ سم

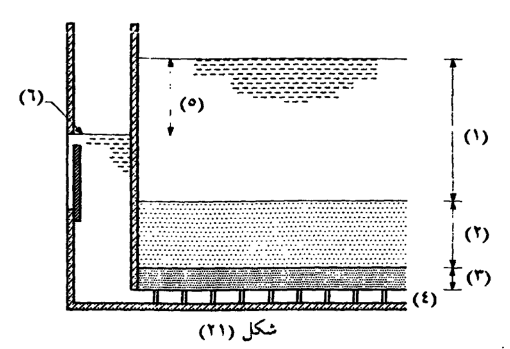
ولتحديد أبعاد قناة التجميع الرئيسية :
مساحة مقطع القناة = ٢ × مساحة المواسير الفرعية التى تصب فيها .
قطر الماسورة الفرعية = ٧,٥ سم .
مساحة مقطعها = ٤٤,١٨ سم^{2} .
عدد المواسير الفرعية = ٨٠ ماسورة
∴ مساحة مقطع القناة الرئيسية = ٢×٤٤,١٨×٨٠ = ٧٠٦٨ سم^{2} .
بفرض عرض القناة = ١٠٠ سم .
∴ عمق المياه فى القناة = ٧٠,٧ سم .

تختلف عن المرشحات الرملية السريعة في أن معدل الترشيح يتراوح بين ٢,٤ إلى ٩,٦ متر مكعب / متر مربع / يوم ، وتبعا لذلك تختلف في طريقة الانشاء والتشغيل . وتستخدم المرشحات الرملية البطيئة في ترشيح المياه بعد مرحلة الترسيب الطبيعي .



١ ــ مياه عكرة .
٢ ــ ترسيب طبيعي .
٣ ــ مرشحات رملية بطيئة .
٤ ــ تعقيم .
٥ ــ خزان مياه أرضي .
٦ ــ مياه مرشحة للتوزيع .

ويتكون المرشح غالبا من طبقات زلط ورمل ، ويكون تجميع المياه المرشحة بواسطة مواسيير فخار أو مواسير خرسانية مثقبة أو بدون وصلات تكون المسافة بينهما ٣ ــ ٦ متر ، وتوضع أسفل المرشح أو خلال طبقة الزلط . ويبين شكل (٢١) مكونات المرشح ، وفي بداية تشغيل المرشح يكون الفاقد في الضغط نتيجة مرور المياه في طبقات الرمل والزلط حوالي ١٠ ــ ٢٠ سم ويستمر تشغيل المرشح حتى يصل الفاقد في الضغط إلى حوالي ١٠٠ سم ، ويكون ذلك بعد مدة ترشيح ٢ ــ ٤ شهور ، يلزم بعدها كشط الطبقة العليامن الرمل بسمك ٢ ــ ٥ سم ، ثم يعاد تشغيل المرشح بفترة تحضيرحوالي(١ ــ ٢)يوم تبدأ بعدها فترة الترشيح التي تستمر ٢ ــ ٤ شهور ، وهكذا .



شكل (٢١)

رسم توضيحي للمرشح الرملي البطيء

١ ــ إرتفاع المياه = ٩٠ ــ ١٥٠ سم . ٤ ــ نظام تجميع المياه المرشحة .
٢ ــ إرتفاع الرمل = ٨٠ ــ ١٢٠ سم . ٥ ــ الفاقد في الضغط .
٣ ــ إرتفاع الزلط = ٣٠ ــ ٤٥ سم . ٦ ــ منسوب خروج المياه .

والمرشح الرملي البطيء يعطي كفاءة أفضل من المرشح السريع إلا أنه يحتاج إلى مساحات وأعمال إنشائية كثيرة ومكلفة ، ولذلك يفضل استخدامه في تصرفات المياه الصغيرة .

ويمكن أن تصل مساحة المرشح الواحد إلى حوالي ٢٠٠٠ متر مربع ، ويتوقف اختيار أبعاد المرشح على معدلات تصرف المياه وطريقة تشغيل وحدات التنقية ، ويكون القطر الفعال للرمل المستخدم في المرشحات ٠,٣٠ مم ويكون معامل الانتظام ٢,٥ .

مثال :

أوجد الأبعاد الرئيسية للمرشحات الرملية البطيئة التي تخدم تصرفا قدره ٥٠٠٠ م^{٣} / يوم .

الحل :

بفرض معدل الترشيح = ٤ م^{3} / م^{2} / يوم .

مساحة المرشحات = ٥٠٠٠ ÷ ٤ = ١٢٥٠ م^{2} .

ويجب ألا يقل عدد المرشحات عن وحدتين ويفضل ثلاثة ، وفي هذه الحالة يكون مساحة كل مرشح = ٤١٧ م^{2} على أساس ٣ مرشحات .

فإذا كان المرشح مربع تكون ابعاده ٢٠,٥ × ٢٠,٥ متر .

مميزات المرشحات الرملية البطيئة :

للمرشحات الرملية البطيئة مزايا كثيرة رغم أنه يحتاج إلى مساحة قد تزيد ٣٠ مرة عن مساحة المرشحات الرملية السريعة ، ومن مميزات المرشحات الرملبة البطيئة : ــ

١ ــ انخفاض التكاليف الانشائية .

٢ ــ بساطة التصميم والتشغيل وعدم الحاجة إلى مهارة فنية عالية .

٣ ــ عدم الحاجة إلى وصلات ومعدات معقدة في التشغيل .

٤ ــ عدم استخدام مواد كيمائية .

٥ ــ إنخفاض استهلاك الطاقة لعدم الحاجة إلى متطلبات الغسيل اليومية التي تستخدم في المرشحات السريعة لإمداد عملية الغسيل اليومية .

٦ ــ إستيعاب التغير في خصائص المياه ، حيث أن معدل الترشيح صغير جدا بالنسبة للمرشحات السريعة .

٧ ــ توفير كمية كبيرة من المياه لعدم إجراء عملية الغسيل اليومية التي تحتاجها المرشحات السريعة .

٨ ــ عدم وجود مشكلة للتخلص من مياه الغسيل الملوثة ، حيث أن عملية تنظيف المرشحات البطيئة تتم كل بضعة شهور وليس بصورة يومية مثل المرشحات السريعة .

ولاستعراض هذه المميزات أهمية كبيرة في إمكانية استخدام المرشحات الرملية البطيئة في المواقع التي توجد فيها الأراضي بمساحات كافية وبالذات الأماكن المنعزلة والمناطق الصحرواية حيث لا تتوفر العمالة الفنية الكافية ، وحيث يمكن تشغيل محطات تنقية المياه التي تستخدم المرشحات الرملية البطيئة ببساطة ، وفي هذه الحالات يمكن استخدام المرشحات الرملية البطيئة حتى في التصرفات الكبيرة .

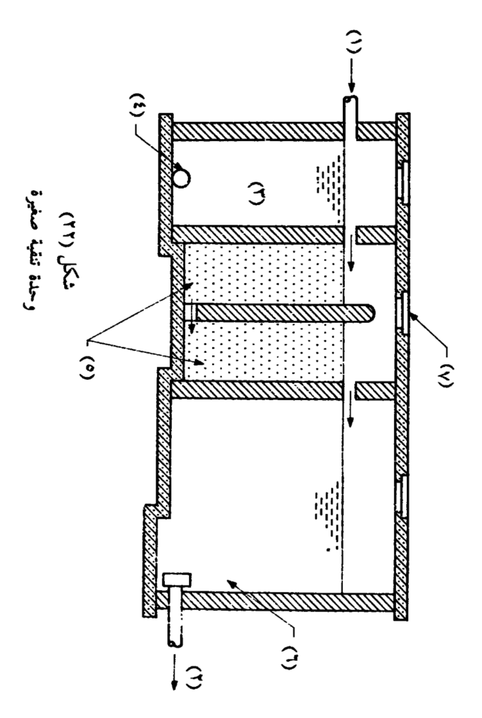
وفي التصرفات الصغيرة جدا في المزارع والمباني المنعزلة يمكن استخدام وحدة تنقية كاملة شكل (٢٢) تشمل ترسيب طبيعي ومرشح رملي بطيء وخزان للمياه المرشحة . ويمكن انشاء هذه الأحواض فوق الأرض أو تحت سطح الأرض .

تطهير المياه **Disinfection of water**

تستخدم بعض المواد المطهرة في اعمال التنقية وخاصة في نهاية مراحلها ، وذلك للقضاء على ما يتبقى في المياه من جراثيم وملوثات . والكلور أهم المواد المطهرة وأكثرها انتشارا في عمليات الإمداد بالمياه ، ولكن استعمالها يحتاج إلى دقة في تحديد تركيز جرعة الكلور ، لأن زيادتها تسبب طعم ورائحة في المياه ، ونقصها لا يؤكد إتمام عملية التطهير .

ويضاف الكلور قبل دخول المياه المرشحة إلى خزان المياه الارضي الذي تبقى فيه المياه مدة طويلة تصل إلى ٦ ساعات ، ويحتاج الكلور إلى فترة تلامس ٢٠ ــ ٣٠ دقيقة لضمان إتمام التفاعل مع الشوائب ، وتساعد حركة المياه في الخزان الأرضي على خلط الكلور مع المياه .

ويمكن استعمال الكلور كغاز مسيَّل تحت ضغط معباً في اسطوانات ، تحتوي العبوات الصغيرة منها على ٣٠ كيلو جرام ، وتحتوي العبوات الكبيرة على أوزان تزيد عن ٨٠٠ كيلو جرام من الكلور المسيَّل .



شكل (٢٢)
وحدة تنقية صغيرة

١ ـــ المدخل .
٢ ـــ المخرج .
٣ ـــ حوض ترسيب طبيعي .
٤ ـــ صرف الرواسب ومياه الغسيل .
٥ ـــ طبقات من الرمل الخشن والناعم .
٦ ـــ خزان المياه المرشحة .
٧ ـــ فتحة بغطاء .

ويستخدم الكلور أحيانا للتحكم في تركيزات الطحالب في المياه العكرة وذلك باضافته بتركيزات مناسبة في بداية مراحل تنقية المياه .

وفي أي نقطة يضاف فيها الكلور ، يجب توفير وحدات احتياطي لضمان استمرار عملية التطهير .

وعند إضافة الكلور إلى الماء ، يتفاعل على النحو التالى :

$Cl_2 + H_2O \longrightarrow$ Hypochlorous acid (HOCl) + Hydrochloric acid (HCl)

ويتحلل حامض HO Cl إلى أيونات الإيدروجين H^+ ، وأيونـات الهيبوكوريت OCl^- . وفى حالة وجود الأمونيا فى المياه ، تتحد مع الكلور (كلورامين) ، وتكوِّن مركبات متحدة مع الأمونيا والكلور .

وتتداخل مكونات الكلور المتحللة أو المتحدة مع إنزيمات معينة في جدار الخلايا البكتيرية فتقضى عليها . ويحتمل عند تحلل حامض الهيبوكلوروز HOCL أن ينتج من تحلله أكسجين أحادي حديث التولُّد له قدرة أكسدة الكائنات الحية الدقيقة والقضاء عليها .

وعموما تعتمد فاعلية الكلور وكفاءته في قتل الكائنات الحية الدقيقة على عوامل نوردها حسب ترتيب أهميتها وهي :

١ ـــ تركيز جرعة الكلور .
٢ ـــ فترة التلامس بين البكتريا والكلور .
٣ ـــ درجة حرارة المياه وتزيد فاعلية الكلور مع ارتفاع درجة حرارة المياه .
٤ ـــ قيمة الـ PH ، ويفضل ألا تزيد عن ٨,٥ .

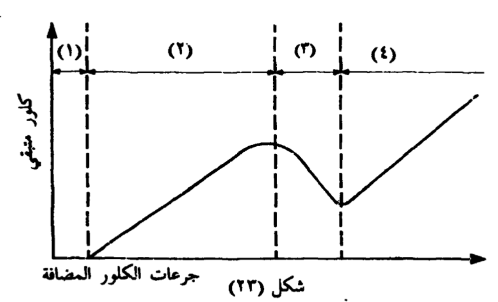
تركيز جرعة الكلور :

تتراوح الجرعة العادية التي تضاف في نهاية مراحل تنقية المياه بين (٠,٥٠ ـــ ١) جزء من المليون (ملجم / ليتر) .

ولكن تضاف في بعض الأحيان جرعة أخرى في بداية مراحل التنقية وذلك في حالة وجود طعم أو رائحة أو تركيزات كبيرة من الطحالب و الكائنات الحية الدقيقة . ويمكن تحديد جرعة الكلور في معامل محطة التنقية بعمل تجارب يضاف فيها تركيزات مختلفة من الكلور وتترك لفترة تلامس من (١٠ — ٢٠) دقيقة وبحيث يكون الكلور المتبقي بعد التجربة في حدود (١٠, — ٠,٢٠) جزء في المليون . ويمكن بطريقة أخرى متابعة تحاليل المياه من مخرج خزان المياه الارضي الذي يضاف الكلور في بدايته ، ويتم تحديد الجرعة المناسبة عندما يكون الكلور المتبقي في المياه في الحدود المطلوبة لعمليات الإمداد بالمياه والتي تصل إلى (٠,٢٠ — ٠,٣٠) مجم / ليتر بعد فترة تلامس ٢٠ دقيقة لجرعة الكلور المضافة بعد الترشيح ولكن في المناطق المنعزلة والتجمعات السكنية الصغيرة حيث تكون المياه أكثر عرضة للتلوث فيفضل فترة تلامس ٣٠ دقيقة ، بحيث يكون تركيز الكلور المتبقي حوالي ٠,٥٠ مجم / ليتر . أما في حالة وجود طفيليات في المياه فيمكن زيادة جرعة الكلور إلى (١ — ٢) مجم / ليتر ، وفترة تلامس ٣٠ دقيقة .

ويبين شكل (٢٣) نقطة الإنكسار في عملية التطهير عند إضافة الكلور ، والمراحل المختلفة في التفاعل حيث تمثل المرحلة (١) اختفاء الكلور لاتحاده مع المواد المختزلة ، وفي المرحلة (٢) يتكون مركبات من الكلور والمواد العضوية ، التي يتم القضاء عليها في المرحلة (٣) والتي تنتهي بنقطة الانكسار . والكلور الذي يضاف بعد نقطة الانكسار يبقى في المياه كلور حر ، وعندها تكون المياه خالية من الطعم والرائحة وكذلك الجراثيم المعدية ، وذلك من التأثير الفعال للكلور الحر المتبقي في المياه .

ولتوضيح ذلك ، فإذا كانت المياه تحتوي طبيعيا على الأمونيا أو المواد العضوية فإنه عند إضافة الكلور للمياه يتحد مع هذه المواد مكونا كلورامين حتى تصل النسبة بين الكلور ومركبات الأمونيا إلى ٥ : ١ ، وعند هذه النقطة تتسبب أي إضافة للكلور في إختزال الكلورامين لأكسدته بواسطة الكلور الزائد . وعندما يتم



شكل (٢٣)

العلاقة بين الكلور المضاف والمتبقى

هذا التفاعل وتصل نسبة الكلور إلى الأمونيا ١٠ : ١ يبقى أي كلور مضاف بعد ذلك حرا في الماء ، ونقطة الانكسار هي التي يبدأ عندها تكوين الكلور الحر في الماء .

وتعتمد خصائص المنحنى وشكله على خواص المياه ومحتوياتها ، وإذا كانت المياه لا تحتوي أي أمونيا فإنه لا يوجد في المنحنى نقطة إنكسار حيث سيتزايد الكلور المضاف للمياه حتى يصل للجرعة المحددة لتطهير المياه . ونقطة الإنكسار تدل على بداية تكوين الكلور الحر في المياه وهو أكثر فعالية في التطهير من الكلورامين ولهذا يجب في متابعة تشغيل عملية التنقية التأكد من التركيزات المطلوبة للكلور الحر بعد نقطة الإنكسار .

إستخدام المواد المطهرة الأخرى :

ويستخدم منها مواد كثيرة يتوقف مدى استعمالها على توفر هذه المواد ونوعية المياه ، وظروف التشغيل ، ومن هذه المواد :

اليود والبرومين .... Iodine And Bromine

وتستخدم لتصرفات المياه الصغيرة ، مثل معسكرات الجيش ، وحمامات

السباحة ، وتضاف بجرعات يتروح تركيزها بين ٨ ــ ١٠ جزء في المليون ، ومن عيوب هذه المواد طعم المياه عند استعمالها.

الأوزون .... Ozone

وله تأثير في عملية التطهير لأنه مؤكسد قوي ، واستخدامه غير مصحوب بطعم أو رائحة ، ويضاف بتركيز ٢ ــ ٣ جزء في المليون يبقى منه تركيز ٠,١٠ جزء في المليون بعد عشرة دقائق من إضافته .. ويختفي ما يتبقى بعد فترة قصيرة ، وهذا هو العيب الرئيسي في استخدام الأوزون رغم أنه أشد تأثيراً من الكلور .

ويمكن استخدام الأوزون والكلور معا ، لجمع مميزات المادتين فالأوزون له تأثير سريع وفعال في عملية التطهير ، والكلور يمكن أن يبقى في المياه فترة طويلة لضمان استمرار التحكم في تلوث المياه في مسارها اثناء التوزيع .

إستخدام الاشعة فوق البنفسجية .... Ultra-Violet Rays

ويمكن استخدامها في المياه الصافية الخالية من العكارة ولها تأثير فعال في عملية التطهير ولا تسبب أي طعم أو رائحة للمياه ، ولكن من ناحية أخرى فهي طريقة مكلفة وليس لها تأثير الا أثناء استخدامها ، وليس لها أي فعالية في التحكم في تلوث المياه إذا ما تعرضت لأي مصدر تلوث بعد عملية التطهير .

تطهير المياه في المناطق المنعزلة :

تكون مصادر المياه أكثر عرضة للتلوث في المناطق المنعزلة عنها في المدن ، ويمكن اختيار طريقة تطهير المياه بعد دراسة العوامل الآتية :

(أ) مصادر مياه الشرب .

(ب) درجة التلوث ومصادره .

(جـ) معدلات استهلاك المياه المطلوبة .

(هـ) مدى إمكانية التحكم في استخدام المواد المطهرة السامة .

ومن الطرق المستخدمة في تطهير المياه في هذه المناطق :

(أ) اضافة مواد مطهرة مثل الكلور والأوزون والأيودين والبرومين .

(ب) غلي الماء .

إستخدام مسحوق الكلور :

يتكون مسحوق الكلور من خليط من المواد الآتية :

ـــ ايدروكسيد الكالسيوم .

ـــ كلوريد الكالسيوم .

ـــ هيبوكلوريت الكالسيوم .

ويحتوي خليط هذه المواد على (٢٠ ـــ ٣٥) في المائة كلور ، ويقل تركيز الكلور في هذا الخليط مع تعرضه للجو ، ولذلك يجب أخذ هذا في الاعتبار حيث يقل تركيز الكلور ٥ ٪ اذا تعرض للجو عشرة دقائق يوميا على مدى أربعون يوما .

وفي حالة ترك هذه المادة مفتوحة للجو بصفة مستمرة ، يقل تركيز الكلور فيها بنسبة ١٨ ٪ ويمكن عمل محلول من هذه المادة يكون تركيز الكلور فيه ٥ ٪ . ثم يضاف هذا المحلول إلى المياه المطلوب تطهيرها بالجرعات المناسبة .

وتستخدم أحيانا بعض مركبات الهيبوكلوريت الصلبة التي تحتوي على نسبة كلور تصل ٧٠ ٪ ، ولكن استخدامها يحتاج إلى حرص شديد لتعرض عبواتها للإنفجار اذا تعرضت لأشعة الشمس ولأن جميع مركبات الكلور سامة فهي تضاف لتعطي تركيزا من الكلور في الماء يتروح بين (٠,٥٠ ـــ ٣) مجم / لتر .

ويتوقف تركيز جرعة الكلور المطلوبة على :

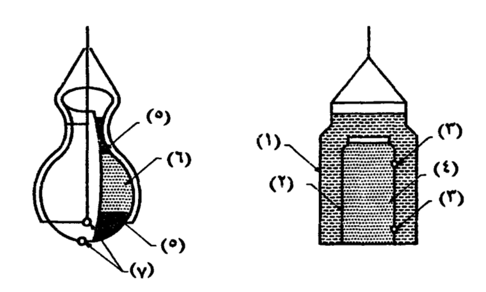
(أ) مكونات المياه .

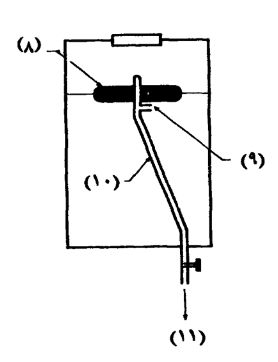
(ب) تركيز المواد المسببة للتلوث وخاصة الكائنات الحية الدقيقة .

(جـ) طريقة تخزين المياه .

(د) الأغراض التي تستعمل فيها المياه .

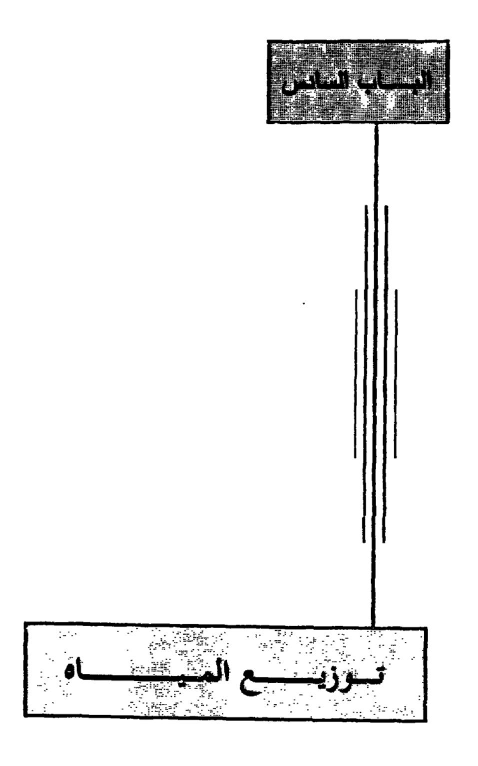
وتوضح الأشكال الآتية آنيتين لتطهير مياه الأحواض والآبار وحوض لتخزين محلول الكلور .





حوض لتخزين محلول الكلور

١ ــ إناء خارجي .
٢ ــ إناء داخلي .
٣ ــ فتحة بقطر ١٠ مم .
٤ ــ رمل + مسحوق كلور .
٥ ــ زلط .
٦ ــ رمل + مسحوق كلور .
٧ ــ ٧ فتحات بقطر ٥ مم .
٨ ــ عوامة .
٩ ــ مشترك زجاج .
١٠ ــ خرطوم مرن .
١١ ــ مخرج المحلول .


الباب السادس
توزيع المياه



الباب السادس

توزيع الميـــاه : .... Water Distribution

تشمل أعمال توزيع المياه جميع المنشآت المدنية والمعدات الميكانيكية والكهربائية اللازمة لضمان توزيع المياه بالمعدل المطلوب والضغط المناسب ، والأعمال الرئيسية لعمليات التوزيع هي : ــ

أ ــ أحواض المياه المرشحة (خزانات المياه الأرضية) .

ب ــ طلمبات الرفع العالي .

ج ــ خزانات المياه العلوية .

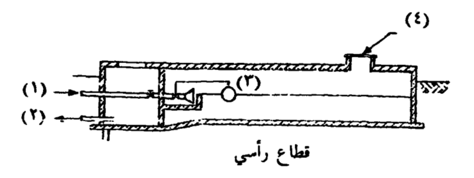
د ــ شبكة توزيع المياه العمومية .

أحواض المياه المرشحة : .... Clear Water Tanks

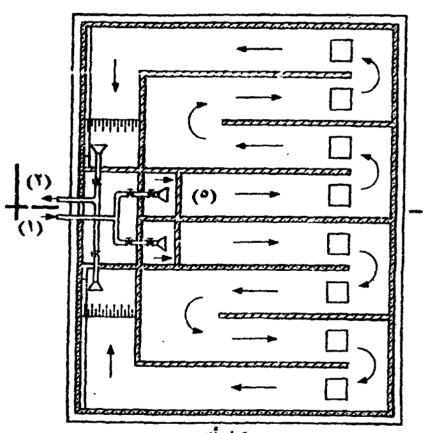
تنشأ عادة تحت سطح الأرض ، أو أسفل مبنى المرشحات وتبنى من الخرسانة المسلحة أو مباني الطوب حسب العوامل الإنشائية للأحواض . وتكون سعة هذه الأحواض بحيث تكفي لمدة ٦ ــ ٨ ساعات من معدلات الاستهلاك في ظروف التشغيل العادية المستمرة ، أما في المناطق المنعزلة والتجمعات السكانية الصغيرة فتزيد سعة هذه الأحواض لتكفى استهلاك المياه لعدة أيام حسب توفر مصادر المياه ومعدلاتها في هذه المناطق . ويكون التحديد النهائي لسعة هذه الأحواض أو الخزانات حسب ظروف تصميم وتشغيل وحدات التنقية ونظم التوزيع .

ويكون الفرق بين سطح المياه في كل من المرشحات وخزان المياه الأرضى حوالي (٣ ــ ٤) متر .

ويفضل إنشاء أكثر من حوض واحد ، (شكل ٢٤) أو يقسم الحوض إلى جزئين يمكن تشغيلهما كحوض واحد ، ويمكن تشغيل كل حوض على حده ،



قطاع رأسي



مسقط أفقي

شكل (٢٤)

حوض المياه المرشحة

١ ــ مدخل المياه .
٢ ــ مخرج المياه .
٣ ــ صمام عوامة .
٤ ــ فتحة تهوية .
٥ ــ هدار المدخل .

والتحكم في طريقة التشغيل بواسطة وصلات مزدوجة وصمامات على كل وصلة كما هو مبين بالشكل ، وتزود ماسورة المدخل بصمام عوامة للتحكم في دخول المياه في حالة زيادة منسوب المياه عن العمق التصميمي لضمان عدم فيضان المياه ، ومن الأفضل أن تكون ماسورة المدخل والصمام بهدار كما هو مبين بالشكل للأسباب الآتية : ــ

١ ــ حينما يكون حوض المياه فارغاً ، لا يتغير الفاقد في الضغط بصورة مفاجئة وكبيرة بين الحوض والمرشحات .

٢ ــ في حالة إصلاح صمام العوامة ، يمكن تفريغ مياه الهدار فقط ، ولا نحتاج لتفريغ الحوض نفسه فنفقد كمية كبيرة من المياه .

٣ ــ التحكم في اندفاع المياه من الماسورة للحوض بصورة مباشرة .

ويزود سقف الحوض بفتحات عليها أغطية يمكن رفعها عند اللزوم وهوايات لا يسهل دخول الأتربة فيها ، ويفضل أن يكون سقف الحوض أعلا من سطح الأرض بمسافة لا تقل عن نصف متر لحمايته من الأتربة والعوامل الأخرى . ويزود من الداخل بسلالم تناسب نزول العمال للصيانة ، والغسيل .

وتنشأ خزانات المياه الأرضية للأغراض الآتية : ــ

١ ــ المساعدة في عملية الموازنة في معدلات الاستهلاك المتغيرة ومعدلات رفع المياه للمدينة بمعدلات ثابتة .

٢ ــ حالات الأعطال التي يمكن أن تتعرض لها وحدات التنقية بمراحلها المختلفة .

٣ ــ سد الاحتياجات الضرورية والغير متوقعة مثل مقاومة الحرائق .

٤ ــ يساعد في عملية تطهير المياه بالسماح بفترة تلامس طويلة بين المواد المطهرة والشوائب .

طلمبات الرفع العالي : .... High Lift Pumps

ترفع المياه بعد مرحلة الترشيح والتطهير من أحواض المياه المرشحة إلى شبكة

توزيع المياه ، ولوحدات الرفع العالي أهمية خاصة في أعمال الإمداد بالمياه لأنها تؤثر بشكل مباشر في معدلات السحب وضغط المياه في شبكة التوزيع . وتحتاج إلى دراسة شاملة لتغيير معدلات استهلاك المياه على مدار اليوم كله وربط معدلات الاستهلاك بمعدلات ضخ المياه بواسطة طلمبات الرفع العالي .

ويعتمد تشغيل هذه الوحدات على مدى التغير في معدلات استهلاك المدينة خلال اليوم الكامل ، ويتأثر تغير معدلات الاستهلاك على مدار اليوم بحجم المدينة وتعداد سكانها .

ويمكن تشغيل وحدات الرفع العالي بالطرق الآتية : ـــ

أ) تعمل الطلمبات بنفس معدلات الاستهلاك المتغيرة ، وهذا يصعب تحقيقه من الناحية العملية لأن معدلات الاستهلاك تتغير بصورة مستمرة ، وبالتالي فإن وحدات الرفع سيتغير معدل رفعها باستمرار مما يقلل من كفاءتها ويزيد من تكاليف تشغيلها وصيانتها حتى في حالة استخدام طلمبات ذ ت محركات متغيرة السرعة .

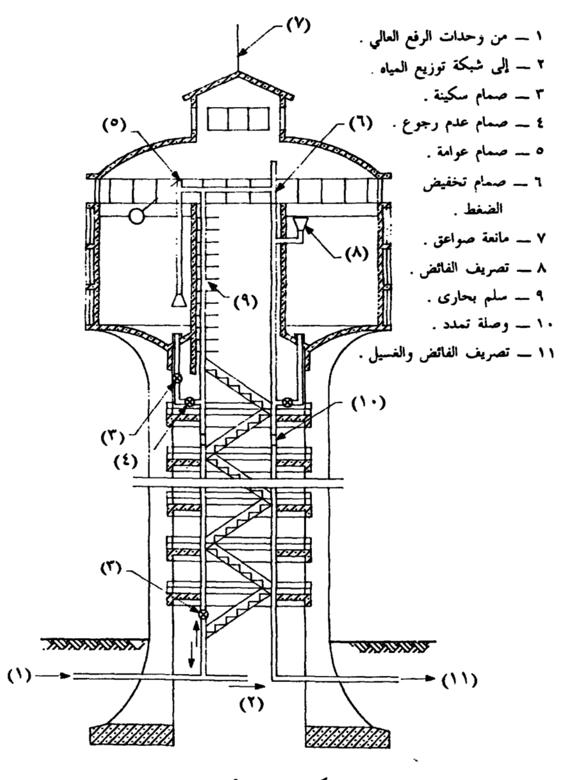
ب) تعمل الطلمبات بمعدل ثابت على مدار ٢٤ ساعة ، وتنشأ خزانات علوية لعمل موازنة بين معدلات ضخ الطلمبات ومعدلات استهلاك المدينة من المياه فحينما يزيد معدل رفع الطلمبات عن معدل الاستهلاك ترفع الزيادة إلى الخزان العلوي ، وحينما يزيد معدل استهلاك المدينة عن معدل الضخ يتم سحب الفرق بين المعدلين من الخزان العلوي .

ج) تعمل الطلمبات بمعدل ثابت لمدة ١٢ ـــ ١٨ ساعة حسب ظروف التشغيل ومعدلات الاستهلاك ، وتنشأ خزانات علوية تكفي سعتها لموازنة الاستهلاك وإمداد المدينة في فترة توقف الطلمبات .

خزانات المياه العلوية .... Elevated Tanks

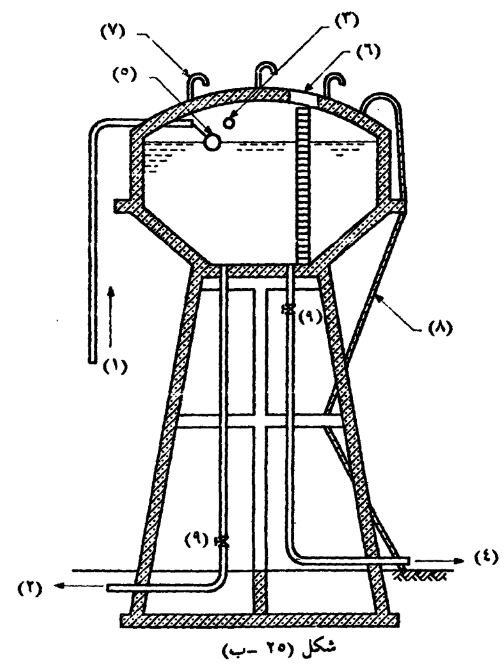
(Equalizing Storage Tanks)

تنشأ هذه الخزانات من الخرسانة المسلحة بسعة تصل إلى حوالي ألف متر



شكل (٢٥ ــ أ)

خزان علوي بخط مشترك للتغذية والسحب



شكل (٢٥ ـ ب)

خزان علوي بخط منفصل للتغذية والسحب

١ ـ من وحدات الرفع العالي .

٢ ـ من الخزان لشبكة توزيع المياه .

٣ ـ ماسورة الفائض .

٤ ـ ماسورة الغسيل والتفريغ .

٥ ـ صمام عوامة .

٦ ـ فتحة بغطاء .

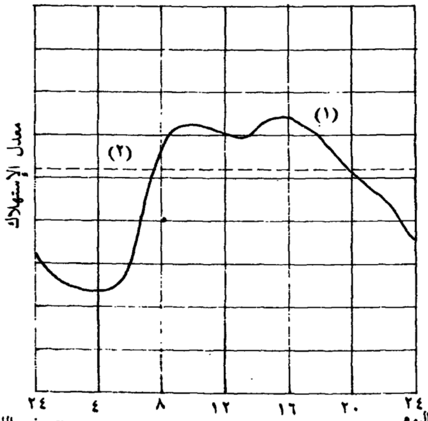
٧ ـ تهوية .

٨ ـ درج .

٩ ـ صمام قفل .

مكعب . كما تنشأ من الصلب بأشكال متنوعة مثل القطع الناقص أو الشكل الكروي أو الاسطواني ، وبسعة تتراوح بين (١٠٠ ـــ ١٢٠٠٠) متر مكعب . ويبين شكل (٢٥) رسم توضيحي للخزان العلوي ، يمثل فيه الشكل (أ) خزان بماسورة مشتركة لتغذية الخزان بالمياه وسحب المياه من الخزان للمدينة أما شكل (ب) فيختلف في أن له ماسورة خاصة بتغذية الخزان وأخرى لسحب المياه من الخزان لشبكة توزيع المياه .

وتكون هذه الخزانات ضرورية في حالة تشغيل وحدات الرفع العالي بمعدل ثابت ، سواء كان التشغيل على مدى ٢٤ ساعة متواصلة ، أو لمدة ١٢ ساعة أو أكثر ، وذلك لتخزين المياه في حالة معدلات الاستهلاك المنخفضة والاستعانة بهذا التخزين في حالة معدلات الاستهلاك الكبيرة ، ويوضح شكل (٢٦) مدى

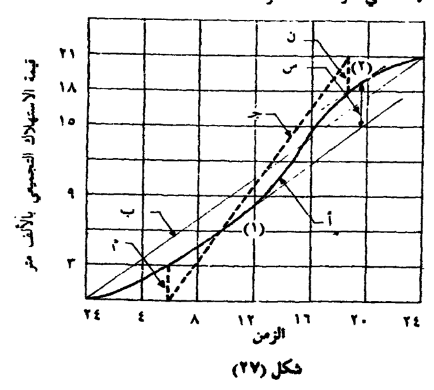


شكل (٢٦) التغير في معدل الاستهلاك

١ ـــ المعدل الفعلي لاستهلاك المياه اليومي . ٢ ـــ متوسط الاستهلاك اليومي .

التغير في معدلات استهلاك المياه على مدار اليوم الكامل .

ويوضح شكل (٢٧) والجدول الملحق به ، مثال بياني وعددي يوضح كيفية حساب سعة الخزان العلوي ومعدلات رفع الطلمبات . والمنحنى (أ) هو تجميع الاستهلاك اليومي ، والخط المستقيم (ب) هو تجميع لرفع الطلمبات ، وينتهي المنحنى (أ) والخط (ب) في نقطة واحدة عند نهاية المنحنى ليوضح أن ما ترفعه الطلمبات خلال ٢٤ ساعة ، يساوي الاستهلاك خلال نفس الفترة . وبرسم خطوط موازية للخط (ب) على المنحنى (أ) لتقابله في النقطتين (١ ، ٢) فيكون الخزان مملوء عند النقطة (١) وفارغ عند النقطة (٢) ، وتكون سعة الخزان (س) في هذه الحالة ٤٢٠٠ متر مكعب ، ويكون ميل المماس للمنحنى (أ) عند أي نقطة يمثل معدل الاستهلاك في الوقت المناظر .



شكل (٢٧)

المنحنى التجميعي للإستهلاك اليومي

ويمثل ميل الخط المستقيم (ب) ، معدل الضخ لوحدات الرفع العالي . وفي حالة تشغيل الطلمبات بمعدل ثابت لمدة ١٢ ساعة من الساعة السادسة صباحاً

وحتى السادسة مساء ، كما هو مبين بالشكل ، فإن ميل الخط (جـ) هو معدل ضخ الطلمبات ، كما أن سعة الخزانات العلوية والموضحة بالشكل وقيمتها (م + ن) تساوي ٦٤٥٠ متر مكعب .

الاستهلاك التجميعي للمياه

الفترة الزمنية	الاستهلاك خلال الفترة الزمنية (م^{٣})	الاستهلاك التجميعي (م^{٣})
الساعة ٢٤ (منتصف الليل) .	صفر	صفر
٢٤ ــ ٤ صباحاً .	١٩٥٠	١٩٥٠
٤ ــ ٨ صباحاً .	٢٧٠٠	٤٦٥٠
٨ ــ ١٢ ظهراً .	٣٩٠٠	٨٥٥٠
١٢ ظهراً ــ ١٦ مساءاً .	٦١٥٠	١٤٧٠٠
١٦ ــ ٢٠ مساءاً .	٤٦٥٠	١٩٣٥٠
٢٠ ــ ٢٤ مساءاً .	١٦٥٠	٢١٠٠٠

ويتم اختيار نظام تشغيل وحدات الرفع العالي وتصرفاتها بعد دراسة إقتصادية وفنية شاملة ، لمقارنة ساعات التشغيل وقوة الطلمبات وحجم الخزانات العلوية المطلوبة لكل طريقة من طرق التشغيل . ويؤثر في اختيار الطريقة مدى مرونة وسهولة التشغيل وكفاءتها .

ويتم حساب الرفع الكلي للطلمبات على أساس الفاقد في أطوال مواسير شبكة توزيع المياه ، والضغط المطلوب توافره في جميع أجزاء الشبكة سواء كانت تستخدم أيضاً في مقاومة الحريق أو للاستعمالات المنزلية فقط . ويؤثر في ضغط الطلمبات إرتفاع الخزانات العلوية وموقعها بالنسبة لشبكة التوزيع . والخزانات العلوية بدورها يعتمد ارتفاعها على تشغيل الشبكة .

ويمكن اختيار مواقع الخزانات العلوية في مواقع متوسطة من شبكة التوزيع أو في أحد أطرافها وينشأ أكثر من خزان في حالة سعة التخزين الكبيرة ويحدد ذلك أكبر حجم إقتصادي للخزان من الناحية الإنشائية والتي تعتمد بدورها على عوامل أخرى مثل ارتفاع الخزان فوق الأرض وخصائص التربة والمواد التي سينشأ منها الخزان .

وتغطى الخزانات العلوية لمنع أشعة الشمس من الدخول للتحكم في نمو الطحالب .

وخلاصة ما سبق أن الخزانات العلوية التي تنشأ بغرض موازنة الاستهلاك لها فوائد ملموسة منها : —

١ — توفير نسبة كبيرة من تكاليف وحدات الرفع ، بسبب خفض عدد هذه الوحدات وتصرفاتها .

٢ — تيسير عملية تشغيل وحدات الرفع .

دراسة كميات التخزين اللازمة لشبكات توزيع المياه :

تحتاج شبكات توزيع المياه إلى تخزين كمية من المياه تساعد في ساعات الإستهلاك القصوى التي تزيد معدلاتها عن معدلات ضخ المياه في شبكة التوزيع ، بخلاف التخزين الأرضي في محطات تنقية المياه الذي يوازن معدلات الاستهلاك اليومي .

واختيار مواقع التخزين له أهمية اقتصادية عند توزيع المياه في أكثر من اتجاه في نفس الشبكة ، لأن هذا يقلل من أقطار المواسير التي تصمم لاستيعاب التصرفات القصوى .

طرق التخزين :

أ — خزانات علوية بارتفاع كافي يعطي الضغط المطلوب .

ب ـ خزانات فوق سطح الأرض في مرتفعات تناسب الضغط المطلوب .

جـ ـ خزانات أرضية فوق أو تحت الأرض ترفع منها المياه لشبكة التوزيع في ساعات الاستهلاك القصوى .

د ـ خزانات أرضية وخزانات علوية ووحدات رافعة .

ولحساب كميات التخزين المطلوبة في المستقبل : يجب عمل بيانات مفصلة عن الآتي : ـ

١) احتياجات إطفاء الحريق .

٢) العلاقة بين معدلات الاستهلاك وساعات اليوم في حالة الاستهلاك القصوى .

٣) معدلات رفع المياه بواسطة محطات الرفع العالي ، ويجب استمرار تدوينها على مدى ساعات اليوم للعام كله .

٤) معدلات المياه المرفوعة إلى الخزان العلوي والمعدلات المسحوبة منه لشبكة التوزيع ، ولسهولة قياس هذه المعدلات يمكن قياس التغير في سطح المياه في الخزان العلوي .

٥) إحتياطي التخزين اللازم في حالات الأعطال في وحدات التنقية والتوزيع .

وفي حالة وجود هذه البيانات في الظروف الحالية ، يمكن استنتاج كميات التخزين ومعدلات وحدات الرفع العالي في المستقبل . وفي حالة عدم وجود بيانات كافية تساعد على استنتاج التخزين ومعدلات الرفع في المستقبل ، يمكن الاعتماد على مدينة أو منطقة تشابه ظروف المدينة المطلوب دراستها .

وأفضل وسائل التخزين هي خزانات أرضية في المناطق المرتفعة لأنها أرخص في التكاليف ، وعملية ومناسبة لموازنة معدلات الرفع مع معدلات استهلاك المياه ، ولكن هذه الطريقة يستحيل استخدامها في المدن أو المناطق المستوية والتي لابد من استخدام الخزانات العلوية فيها لنفس الغرض .

وفي المدن الكبيرة يمكن استخدام خزانات أرضية تمتلىء في ساعات الاستهلاكات الأدنى وترفع منها المياه بالطلمبات لشبكة التوزيع في ساعات الإستهلاكات القصوى ، ولكن إذا كانت تكاليف الخزانات العلوية هي نفسها تكاليف الخزانات الأرضية مع الرفع فالأفضل في هذه الحالة هو استخدام الخزانات العلوية .

وتوضع الخزانات العلوية في الطرف الآخر من المدينة والبعيد عن وحدات الرفع العالي في الأماكن المرتفعة والتي يكون الضغط فيها ضعيفاً .

إستخدام خزان أرضي ووحدات رافعة Boosters

الطريقة البديلة للتخزين العلوي ، هي استخدام تخزين أرضي ورافعات مناسبة للزيادة المنتظرة في معدلات الإستهلاك ، وعيوب هذه الطريقة هي نظم التحكم والتشغيل المطلوبة لهذا النوع من الرافعات وتكاليف التشغيل والصيانة ، رغم أن التكاليف الإنشائية أقل من مثيلاتها في التخزين العلوي .

العوامل التي يجب مراعاتها عند دراسة تخزين ورفع المياه :

١ ــ يجب عند اختيار مكان الخزانات مراعاة ظروف الامتداد العمراني والتوسعات المنتظرة في المستقبل .

٢ ــ الطاقة المستخدمة في رفع المياه ، ويجب الاعتماد على مصدرين على الأقل للطاقة لتشغيل الرافعات .

٣ ــ التحكم الآلي في التشغيل .

٤ ــ وجود الإعتمادات المالية اللازمة للمشروع .

٥ ــ الظروف الطبيعية للمنطقة مثل الزلازل والفيضانات والسيول والتغير في درجات الحرارة .

٦ ــ النواحي المعمارية والجمالية لشكل الخزان العلوي .

٧ ــ تداخل ارتفاعات الخزانات العلوية مع متطلبات الملاحة الجوية .

٨ ــ طبيعة التربة ومنسوب المياه الجوفية لاختيار نوع الخزان والموقع المناسب لظروف الأساسات .

٩ ــ المناطق الهامة والتي تحتاج إلى معدلات كبيرة من المياه .

وفي حالة رفع المياه من الخزانات الأرضية تستخدم أنواع من الطلمبات منها : ــ

١ ــ وحدات رافعة ذات موتورات متغيرة السرعة .

٢ ــ استخدام مجموعة من الطلمبات ذات تصرفات متغيرة بحيث يمكن تشغيلها بتصرفات مختلفة تتمشى مع التغير في معدلات الإستهلاك .

٣ ــ في حالة التصرفات الصغيرة يمكن استخدام نظام الرفع الأتوماتيكي باستخددام الهواء المضغوط . **Hydropneumatic System.**

حساب كميات ومعدلات التخزين :

يمكن حساب التخزين بطريقتين : ــ

أ ــ الطريقة الحسابية ، ب ــ الطريقة البيانية .

وفي أي طريقة مستخدمة لهذا الغرض يجب معرفة الآتي : ــ

١ ــ نسبة متوسط الإستهلاك اليومي إلى معدلات الإستهلاك القصوى في الماضي .

٢ ــ نسبة معدلات الإستهلاك على مدار ساعات اليوم إلى معدلات الإستهلاك القصوى .

٣ ــ حساب كميات التخزين المطلوبة حالياً ومستقبلاً ، وذلك بتحليل الزيادة والنقص في معدلات الإستهلاك خلال ساعات اليوم عن متوسط المعدل اليومي للإستهلاك .

ويبين جدول (٧) مثال لكيفية حساب التخزين المطلوب :

فيبين العامود رقم (١) ساعات اليوم ،

جدول (٧)

حساب التخزين التوازنى للمياه

١ ساعات اليوم	٢ معدل الاستهلاك كل ساعة م٣/ساعة	٣ نسبة معدل الاستهلاك كل ساعة إلى معدل الاستهلاك اليومى ٪	٤ نسبة معدل الاستهلاك كل ساعة التى تزيد عن المعدل اليومى ٪	٥ معدلات السحب من خزانات المياه م٣/ساعة	٦ نسبة معدل الاستهلاك كل ساعة التى تقل عن المعدل اليومى ٪	٧ معدلات التخزين م٣/ساعة
٢٤ليلاً	٥٢٥	٤٢			٥٨	٧٢٥,٠
١	٣٦٠	٢٩			٧١	٨٨٧,٥
٢	٢٦٠	٢١			٧٩	٩٨٧,٥
٣	٢٦٠	٢١			٧٩	٩٨٧,٥
٤	٢٦٥	٢١			٧٩	٩٨٧,٥
٥	٣٨٥	٣١			٦٩	٨٦٢,٥
٦	٧٢٥	٥٨			٤٢	٥٢٥,٠
٧	١١٦٠	٩٣			٧	٨٧,٥
٨	١٤٥٠	١١٦	١٦	٢٠٠,٠		
٩	١٥٨٥	١٢٧	٢٧	٣٣٧,٥		
١٠	١٤٧٥	١١٨	١٨	٢٢٥,٠		
١١	١٤٤٠	١١٥	١٥	١٨٧,٥		
١٢	١٣٢٥	١٠٦	٦	٧٥,٠		
١٣	١٣٥٠	١٠٨	٨	١٠٠,٠		
١٤	١٥١٥	١٢١	٢١	٢٦٢,٥		
١٥	١٥٦٥	١٢٥	٢٥	٣١٢,٥		
١٦	١٨١٠	١٤٥	٤٥	٥٦٢,٥		
١٧	٢٠١٥	١٦١	٦١	٧٦٢,٥		
١٨	٢٥٠٠	٢٠٠	١٠٠	١٢٥٠,٠		
١٩	٢٣٥٠	١٨٨	٨٨	١١٠٠,٠		
٢٠	١٨٥٠	١٤٨	٤٨	٦٠٠,٠		
٢١	١٥٠٠	١٢٠	٢٠	٢٥٠,٠		
٢٢	١٦٩٠	١٣٥	٣٥	٤٣٧,٥		
٢٣	٦٤٠	٥١			٤٩	٦١٢,٥
المجموع			٥٣٣	٦٦٦٢,٥	٥٣٣	٦٦٦٢,٥

ويبين عامود (٢) معدلات الإستهلاك خلال الساعات التي تبدأ من منتصف الليل وحتى منتصف الليل التالي أى على مدار ٢٤ ساعة .

ويبين عامود (٣) نسبة معدلات الإستهلاك كل ساعة إلى معدل الإستهلاك اليومي .

ويبين عامود (٤) نسبة معدلات الإستهلاك كل ساعة التي تزيد عن المعدل اليومي للإستهلاك .

ثم يبين عامود (٥) معدلات سحب المياه من الخزانات التي تقابل الزيادة في نسبة معدلات الإستهلاك كل ساعة .

ويبين عامود (٦) نسبة معدلات الإستهلاك كل ساعة والتي تقل عن المعدل اليومي للإستهلاك .

ثم يبين عامود (٧) معدلات تغذية الخزانات أو معدلات التخزين التي تقابل نقص معدلات الإستهلاك كل ساعة .

ويلاحظ أن مجموع نسب معدلات الإستهلاك التي تزيد أو تقل عن المعدل اليومي متساوية في عامود (٤) ، (٦) . كما أن مجموع معدلات السحب من الخزانات وتغذية الخزانات متساوية أيضاً في عامود (٥) ، (٧) .

وبالاستعانة بجدول (٧) يمكن استنتاج : ــ

١ ــ أن كمية تخزين المياه يجب ألا تقل عن ٦٦٦٢,٥ متر مكعب وهي تعادل حوالي ٢٢,٢١ ٪ من الإستهلاك اليومي ، أي ما يعادل إستهلاك ٥,٤ ساعة .

٢ ــ في حالة تشغيل وحدات الرفع بمعدل ثابت على مدار ٢٤ ساعة ، يكون : ــ

(أ) حجم الخزانات العلوية هو نفس حجم التخزين أي ٦٦٦٢,٥ م^{3} .

(ب) معدل تصرف وحدات الرفع هو ١٢٥٠ م^{3} / ساعة (٣٠٠٠٠ م^{3} / يوم) ، كمعدل ثابت .

٣ ــ في حالة تشغيل وحدات الرفع بمعدلات متغيرة يبين جدول (٨) طريقتين للتشغيل :

جدول (٨)
تشغيل وحدات الرفع بمعدلات متغيرة

ساعات اليوم	معدل الإستهلاك	طريقة التشغيل رقم (١)		طريقة التشغيل رقم (٢)	
		معدل وحدات الرفع	الفرق بين معدل الرفع ومعدل الإستهلاك	معدل وحدات الرفع	الفرق بين معدل الرفع ومعدل الإستهلاك
	م^3/ساعة	م^3/ساعة	م^3/ساعة	م^3/ساعة	م^3/ساعة
٢٤ـ١صباحاً	٥٢٥	٧٥٠	٢٢٥	٦٠٠	٧٥
١ ـ ٢	٣٦٠	٧٥٠	٣٩٠	٦٠٠	٢٤٠
٢ ـ ٣	٢٦٠	٧٥٠	٤٩٠	٦٠٠	٣٤٠
٣ ـ ٤	٢٦٠	٧٥٠	٤٩٠	٦٠٠	٣٤٠
٤ ـ ٥	٢٦٥	٧٥٠	٤٨٥	٦٠٠	٣٣٥
٥ ـ ٦	٣٨٥	٧٥٠	٣٦٥	٦٠٠	٢١٥
٦ ـ ٧	٧٢٥	٧٥٠	٢٥	٦٠٠	-١٢٥
٧ ـ ٨	١١٦٠	١٥٠٠	٣٤٠	١٤٠٠	٢٤٠
٨ ـ ٩	١٤٥٠	١٥٠٠	٥٠	١٤٠٠	-٥٠
٩ ـ ١٠	١٥٨٥	١٥٠٠	٨٥	١٤٠٠	-١٨٥
١٠ـ١١	١٤٧٥	١٥٠٠	٢٥	١٤٠٠	-٧٥
١١ـ١٢ظهراً	١٤٤٠	١٥٠٠	٦٠	١٤٠٠	-٤٠
١٢ـ١٣مساءً	١٣٢٥	١٥٠٠	١٧٥	١٤٠٠	٧٥
١٣ـ١٤	١٣٥٠	١٥٠٠	١٥٠	١٤٠٠	٥٠
١٤ـ١٥	١٥١٥	١٥٠٠	-١٥	١٤٠٠	-١١٥
١٥ـ١٦	١٥٦٥	١٥٠٠	-٦٥	١٤٠٠	-١٦٥
١٦ـ١٧	١٨١٠	١٥٠٠	-٣١٠	١٨٠٠	-١٠
١٧ـ١٨	٢٠١٥	١٥٠٠	-٥١٥	١٨٠٠	-٢١٥
١٨ـ١٩	٢٥٠٠	١٥٠٠	-١٠٠٠	١٨٠٠	-٧٠٠
١٩ـ٢٠	٢٣٥٠	١٥٠٠	-٨٥٠	١٨٠٠	-٥٥٠
٢٠ـ٢١	١٨٥٠	١٥٠٠	-٣٥٠	١٨٠٠	-٥٠
٢١ـ٢٢	١٥٠٠	١٥٠٠	—	١٨٠٠	٣٠٠
٢٢ـ٢٣	١٦٩٠	١٥٠٠	-١٩٠	١٨٠٠	١١٠
٢٣ـ٢٤	٦٤٠	٧٥٠	١١٠	٦٠٠	-٤٠
حجم التخزين			٣٣٨٠		٢٣٢٠

تابع جدول (٨)

تشغيل وحدات الرفع بمعدل ثابت لمدة ١٦ ساعة يومياً

ساعات اليوم	معدلات الإستهلاك م^٣/ساعة	طريقة التشغيل رقم (٣)	
		معدل تصريف وحدات الرفع م^٣/ساعة	الفرق بين معدل الرفع ومعدل الإستهلاك م^٣/ساعة
٢٤ـ١ صباحاً	٥٢٥	—	٥٢٥ —
١ ـ ٢	٣٦٠	—	٣٦٠ —
٢ ـ ٣	٢٦٠	—	٢٦٠ —
٣ ـ ٤	٢٦٠	—	٢٦٠ —
٤ ـ ٥	٢٦٥	—	٢٦٥ —
٥ ـ ٦	٣٨٥	—	٣٨٥ —
٦ ـ ٧	٧٢٥	—	٧٢٥ —
٧ ـ ٨	١١٦٠	١٨٧٥	٧١٥
٨ ـ ٩	١٤٥٠	١٨٧٥	٤٢٥
٩ ـ ١٠	١٥٨٥	١٨٧٥	٢٩٠
١٠ـ١١	١٤٧٥	١٨٧٥	٤٠٠
١١ـ١٢ظهراً	١٤٤٠	١٨٧٥	٤٣٥
١٢ـ١٣مساءاً	١٣٢٥	١٨٧٥	٥٥٠
١٣ـ١٤	١٣٥٠	١٨٧٥	٥٢٥
١٤ـ١٥	١٥١٥	١٨٧٥	٣٦٠
١٥ـ١٦	١٥٦٥	١٨٧٥	٣١٠
١٦ـ١٧	١٨١٠	١٨٧٥	٦٥
١٧ـ١٨	٢٠١٥	١٨٧٥	١٤٠ —
١٨ـ١٩	٢٥٠٠	١٨٧٥	٦٢٥ —
١٩ـ٢٠	٢٣٥٠	١٨٧٥	٤٧٥ —
٢٠ـ٢١	١٨٥٠	١٨٧٥	٢٥
٢١ـ٢٢	١٥٠٠	١٨٧٥	٣٧٥
٢٢ـ٢٣	١٦٩٠	١٨٧٥	١٨٥
٢٣ـ٢٤	٦٤٠	—	٦٤٠ —

الطريقة الأولى :

(أ) تشغيل وحدات الرفع بمعدل ٧٥٠ م^{3} / ساعة . في الفترة من الساعة الحادية عشر مساء وحتى السابعة صباحاً .

(ب) تشغيل وحدات الرفع من السابعة صباحاً وحتى الحادية عشر مساء بمعدل ١٥٠٠ م^{3} / ساعة . وفي هذه الطريقة يكون حجم التخزين العلوي ٣٣٨٠ م^{3} .

الطريقة الثانية : ـــ

(أ) تشغيل وحدات الرفع بمعدل ٦٠٠ م^{3} / ساعة من الساعة ١١ مساء حتى الساعة ٧ صباحاً .

(ب) تشغيل وحدات الرفع بمعدل ١٤٠٠ م^{3}/ ساعة من الساعة ٧ صباحاً حتى الساعة ٤ مساء .

(جـ) تشغيل وحدات الرفع بمعدل ١٨٠٠ م^{3} / ساعة من الساعة ٤ مساء حتى الساعة ١١ مساء . وفي هذه الطريقة يكون حجم التخزين العلوي ٢٣٢٠م^{3}

٤ ـــ في حالة تشغيل وحدات الرفع لمدة ١٦ ساعة بمعدل ثابت ابتداء من الساعة ٧ صباحاً إلى الساعة ١١ مساء ، يكون معدل تصرف وحدات الرفع = ١٨٧٥ م^{3} / ساعة . ويبين جدول (٨) الفرق بين معدلات الرفع ومعدلات استهلاك المياه ، ولتحديد كمية التخزين يمكن اتباع الخطوات الآتية : ـــ

(أ) من الساعة ١١ مساء وحتى الساعة ٧ صباحاً ، في الوقت الذي تتوقف فيه الطلمبات عن الرفع يكون مجموع استهلاكات المياه ٣٤٢٠ م^{3} ، ويكون الاعتماد كلية في هذه الفترة على الخزانات العلوية في سد حاجة الاستهلاك ، أو بمعنى آخر يجب أن تكون هذه الكمية موجودة بالخزانات العلوية .

(ب) من الساعة ٧ صباحا ، وحتى الساعة ٥ مساء وحيث تعمل وحدات الرفع بمعدل ١٨٧٥ م^{3} / ساعة ، في حين يكون معدل الاستهلاك أقل من معدل الرفع ويرفع الفرق بينهما ومقداره ٤٠٧٥ م^{3} إلى الخزانات العلوية ،

ونفرض أن هذه الكمية هي حجم الخزانات .

(جـ) من الساعة ٥ مساء ، وحتى ٨ مساء حيث تعمل وحدات الرفع بنفس معدلها ، ويكون معدل استهلاك المياه أكبر من معدل الرفع وخلال هذه الفترة يتم سحب الفرق بين المعدلين ومقداره ١٢٤٠ م ٣ من الخزان العلوي ، ويصبح حجم التخزين العلوي ٢٨٣٥ م ٣ .

(د) من الساعة ٨ مساء وحتى الساعة ١١ مساء تكون معدلات الاستهلاك أقل من معدلات الرفع بمقدار ٥٨٥ م ٣ خلال هذه الفترة ، وترفع هذه الكمية إلى الخزانات العلوية ليصل حجم التخزين إلى ٣٤٢٠ م ٣ .

(هـ) كما ذكرنا في (أ) يتم سحب الكمية الموجودة بالخزانات العلوية ومقدارها ٣٤٢٠ م ٣ في الفترة من الحادية عشرة مساء وحتى السابعة صباحاً حيث يبدأ تشغيل وحدات الرفع ، وهكذا .

اختيار الطريقة المناسبة لتشغيل الطلمبات : —

باستعراض وتحليل الطرق السابقة في ربط معدلات الرفع العالي بالتخزين التوازني للمياه ، نجد أن لكل طريقة مميزاتها الخاصة بها ، فمثلاً : —

١ — تشغيل وحدات الرفع بمعدل ثابت على مدار ٢٤ ساعة يومياً أبسط في التشغيل وأقل في التكاليف الأولية وتكاليف التشغيل والصيانة ، ولكنه يحتاج إلى خزانات علوية ذات سعة كبيرة .

٢ — يمكن خفض سعة التخزين العلوي إلى النصف أو الثلث ولكن هذا يحتاج إلى تغيير في معدلات الرفع ويتبع ذلك زيادة في عدد الوحدات الأساسية ووحدات الاحتياطي ودقة أكثر ومتابعة في التشغيل .

٣ — بمقارنة تشغيل وحدات الرفع بمعدلات متغيرة (جدول ٨) نجد أن طريقة التشغيل رقم (١) تحتاج إلى تخزين بحجم ٣٣٨٠ م ٣ ، وتكون معدلات الرفع المتغيرة متجانسة حيث تعمل الطلمبات من الساعة الحادية عشر مساء وحتى السابعة صباحاً بنصف المعدل الذي تعمل به باقي ساعات اليوم مما يساعد على

اختيار وحدات رفع متساوية التصرف ، ويكون التشغيل والصيانة ابسط واقل في التكلفة .

وبالنسبة لطريقة التشغيل رقم (٢) يقل التخزين إلى ٢٣٢٠ متر مكعب ، ولكن يتغير معدل وحدات الرفع بصورة غير متجانسة كما هو مبين بجدول (٨) مما يحتاج إلى زيادة عدد الوحدات الاحتياطي ويزيد من تكاليف التشغيل والصيانة .

أما طريقة التشغيل رقم (٣) بجدول (٨) فتوضح طريقة تشغيل أبسط من جميع الطرق السابقة حيث تعمل وحدات الرفع بمعدل ثابت لمدة ١٦ ساعة فقط يومياً ، ولكن حجم التخزين العلوي يصل ٤٠٧٥ م^{3} .

ويجب دراسة جميع العوامل التي سبق مناقشتها ، مع دراسة ظروف كل مشروع على حده ، والتغيرات في معدلات استهلاك المياه في أيام الاستهلاكات القصوى حيث أنها تتغير من مكان لآخر ، بالاضافة إلى العوامل الطوبوغرافية والاقتصادية التي تؤثر في اختيار الطريقة المناسبة التي تلائم كل مدينة .

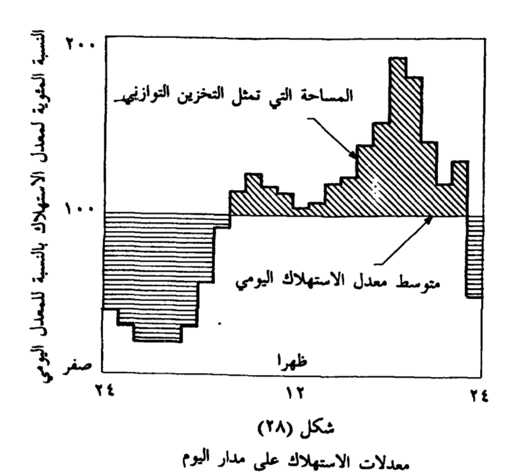
الطريقة البيانية :

يبين شكل (٢٨) العلاقة بين معدلات الاستهلاك خلال ساعات اليوم ويوضح الشكل خط أفقي عند نسبة ١٠٠ ٪ كمتوسط لمعدل الاستهلاك اليومي ، حيث تقع بين هذا الخط المستقيم وخطوط الشكل العلوية المساحة التي تمثل كمية التخزين التوازني كنسبة مئوية من الاستهلاك اليومي .

شبكة توزيع المياه .... Water Distribution System

تشمل خطوط المياه الرئيسية والفرعية اللازمة لإمداد المياه بالمعدل المطلوب والضغط المناسب ، وذلك للاستعمالات المنزلية والصناعية ومقاومة الحريق .

وتشمل شبكة التوزيع ما يلزمها من قطع خاصة ومحابس وحنفيات حريق تكون ضرورية لتشغيلها على الوجه الأكمل .



شكل (٢٨)
معدلات الاستهلاك على مدار اليوم

تخطيط شبكة التوزيع

تستخدم إحدى الطرق الأربعة الآتية والموضحة بشكل (٢٩) في تخطيط شبكات التوزيع : —

أولاً : نهايات الخطوط غير متصلة .... Dead End System

تشمل خطوط رئيسية تتفرع منها خطوط فرعية ، حسب الشكل (٢٩ — أ) وهذه الطريقة وإن كانت أقل الطرق في التكاليف إلا أن كثرة النهايات بها تعرض مناطق كثيرة بالمدينة للحرمان من المياه في حالة قفل خطوط المياه لعمليات الاصلاح .

ثانياً : النظام الدائري .... Circle or Ring System

هو عبارة عن خط رئيسي يحيط بالمدينة أو المنطقة . ويتفرع منه خطوط فرعية

حسب تخطيط مسارات خطوط التوزيع . وهذه الطريقة أفضل من الأولى لأنها تشمل نهايات مقفلة (شكل ٢٩ ــ ب) ولذلك تتميز بأن أي خط به تصليح يمكن قفله بدون التأثير على باقي الشبكة .

ثالثاً : النظام الشطرنجي .... Grid Iron System

يشمل خط رئيسي يحيط بالمدينة أو المنطقة بالاضافة إلى خطوط رئيسية أخرى بداخل شبكة التوزيع بحيث لا تزيد المسافة بين الخطوط الرئيسية عن كيلو متر واحد شكل (٢٩ ــ جـ) . وهذه الطريقة وإن كانت مكلفة إلا أنها أفضل من الطرق السابقة بالنسبة لضغط المياه في خطوط التوزيع ، وفي مقاومة الحريق .

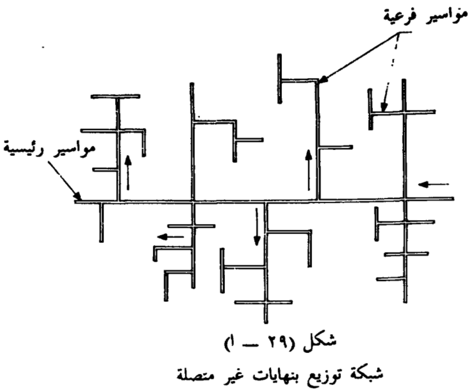
رابعاً : النظام القطري في توزيع المياه .... Radial System

يمكن اعتباره عكس النظام الدائري ، لأنه يعتمد على تقسيم المدينة إلى مناطق (شكل ٢٩ ــ د) ، ثم يوضع في مركز كل منطقة خزان مياه للتوزيع في اتجاه محيط المدينة . وفي بعض الأحيان تخرج خطوط رئيسية حاملة للمياه من محطة التنقية وتتجه إلى مناطق مركزية في المدينة دون أن تتصل بخطوط أخرى ، ثم تتفرع منها خطوط التوزيع اللازمة ، وفائدة هذه الطريقة سواء استخدمت فيها خزانات مياه في مناطق مركزية أو استخدمت خطوط المواسير الحاملة للمياه أن المياه تحتفظ بمعدل التصرف والضغط العالي حتى بداية توزيعها من المناطق المركزية في المدينة ، لأن الفاقد في الضغط فيها صغير ، وعموماً فإن شبكة توزيع المياه الرئيسية لأي مدينة يمكن أن تجمع بين أكثر من نظام من النظم السابقة .

الأسس التصميمية لشبكة توزيع المياه .

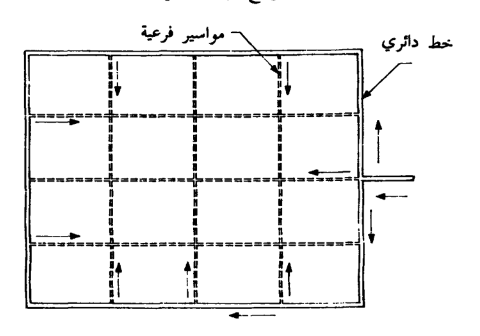
أولا : معدل التصرف التصميمي : ــ

يستخدم متوسط معدل الاستهلاك السنوي لتحديد قدرة المصادر المائية المتاحة في عملية الإمداد بالمياه ، وفي تحديد وسائل وكميات التخزين المطلوبة . ويستخدم التغير في معدلات الاستهلاك في تحديد سعة وحدات التنقية والتوزيع .



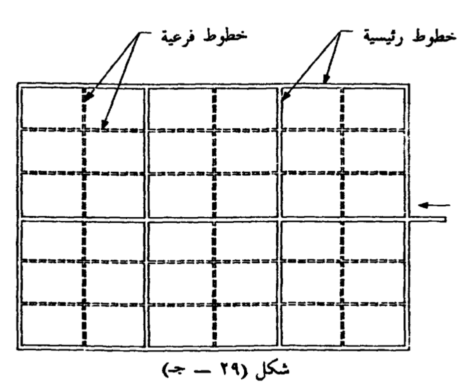
شكل (٢٩ ــ ا)

شبكة توزيع بنهايات غير متصلة

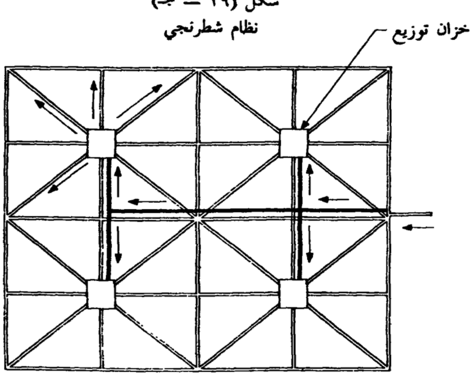


شكل (٢٩ ــ ب)

نظام دائري



شكل (٢٩ ــ جـ)
نظام شطرنجي



شكل (٢٩ ــ د)
نظام قطري

ويمكن الاسترشاد بالمعدلات الآتية للمناطق المشابهة في أجوائها لمنطقة البحر الأبيض المتوسط والدول العربية عموما ، على أساس أن هذه المعدلات تقل في الأجواء الباردة ، وتزيد في الأجواء الحارة : ـــ

أقصى تصرف في الساعة = ٣,٥ من التصرف المتوسط السنوي
أقصى تصرف يومـــي = ٢,٥ من التصرف المتوسط السنوي
أقصى تصرف أسبوعي = ٢ من التصرف المتوسط السنوي
أقصى تصرف موسمي = ١,٥ من التصرف المتوسط السنوي

ويصل أدنى معدل للتصرف ما بين الساعة الثانية والرابعة صباحا . ويصل معدل التصرف لأقصاه ما بين الثامنة والثانية عشر ظهرا . وفي المناطق السكنية يحدث زيادة في معدلات الاستهلاك في بعض ساعات بعد الظهر بالإضافة إلى فترة الضحى ، وذلك خلال فصل الصيف .

وفي المدن الكبيرة والمتوسطة ، يصل متوسط معدل الاستهلاك الشتوي في المناطق السكنية إلى حوالي ٨٠ ٪ من متوسط معدل الاستهلاك السنوي ويصل متوسط معدل الاستهلاك الصيفي إلى ١٣٠٪ من متوسط معدل الاستهلاك السنوي

ثانيا : العلاقة البيانية لمعادلة هازن

$$V = 0.355\ C\ D^{0.63} \left(\frac{H}{L} \right)^{0.54}$$

V = السرعة متر / ثانية
D = القطر الداخلي بالمتر
$\frac{H}{L}$ = ميل خط الضغط الهيدروليكي
C = معامل الخشونة

يبين المخطط البياني (شكل ٣٠) العلاقة بين التصرف والسرعة وقطر الماسورة وميل خط الضغط الهيدروليكي على أساس أن قيمة المعامل c تساوي

١٠٠ وهذه القيمة لمواسير الزهر المرن التي تتروواح أعمارها بين (١٥ ــ ٢٠) سنة . وعند استخدام مواسير لها معامل مختلف عن ١٠٠ . يمكن تعديل قيمة الفاقد في الضغط من العلاقة الآتية : ـــ

الفاقد في الضغط (المعدَّل) = م × الفاقد عند (C = ١٠٠)

ويمكن استنتاج قيمة م من العلاقة الآتية : ـــ

C	٨٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٣٠	١٤٠
م	١,٥١	١,٠٠	٠,٨٤	٠,٧١	٠,٦٢	٠,٥٤

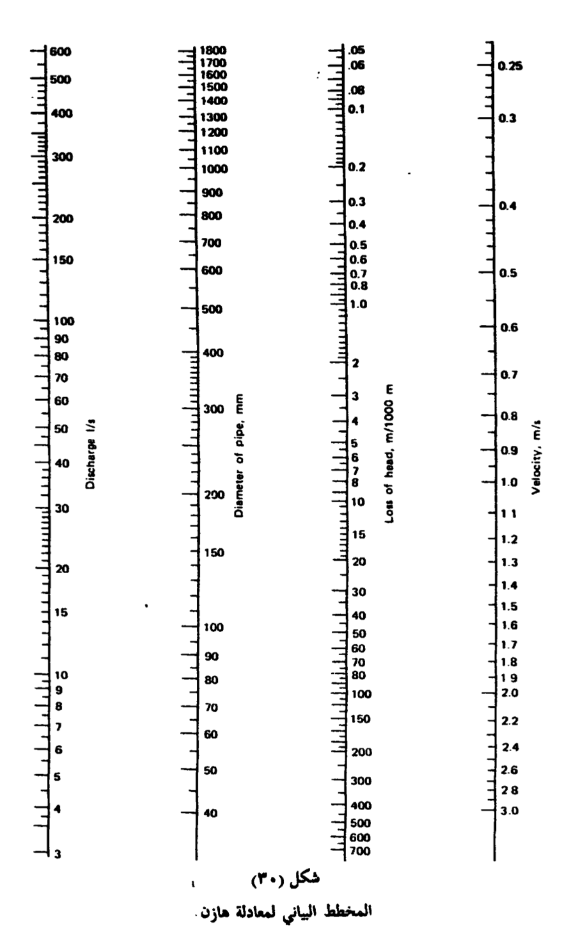
ويوضح جدول (٩) العلاقة العددية بين العوامل المختلفة لمعادلة هازن ، على أساس أن معامل الإحتكاك c = ١٠٠، وذلك لأقطار إبتداء من ١٥٠ مم، وحتى ٢٠٠٠ مم ، وذلك لعدم استخدام هذه المعادلة لأقطار أقل من ١٥٠ مم ، للحصول على نتائج حسابية دقيقة .

والأرقام المدونة بالجدول روعي فيها أن يكون التقريب في الأرقام العشرية حتى لا يؤثر ذلك على العمليات الحسابية وطرق التصميم التي يستخدم فيها هذا الجدول .

واستخدمت فواقد بداية من ٠,١٠ متر لكل ١٠٠٠ متر وحتى ٢٧٥ متر لكل ١٠٠٠ متر بحد أقصى للسرعة حوالي ٥ متر / ثانية وهي أقصى سرعة مسموح بها في نوعيات المواسير المستخدمة في أعمال الهندسة الصحية عموما .

ثالثا : المواسير المتكافئة : .... Equivalent pipes

تحتوي شبكات توزيع المياه الكبيرة على خطوط كثيرة مختلفة الأقطار والأطوال ، فيوجد خط مواسير على الأقل في كل شارع من شوارع المدينة ، ولسهولة العمليات الحسابية يمكن إستبدال مجموعة من الخطوط المتصلة على



شكل (٣٠)

المخطط البياني لمعادلة هازن.

جدول (٩ ــ ١)

جداول تصميمية لخطوط التغذية (C = ١٠٠)

باستخدام معادلة هازن

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٠,١٠ متر		٠,١٥ متر		٠,٢٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٧	١	٩	١,٦	١٠,٧	١,٩
١٧٥	٨	٢	١٠	٢,٤	١١,٨	٢,٨
٢٠٠	٨,٨	٣	١١	٣,٥	١٣	٤
٢٢٥	٩,٦	٤	١٢	٥	١٤	٥,٦
٢٥٠	١٠,٣	٥	١٣	٦,٤	١٥	٧,٤
٣٠٠	١١,٥	٨	١٤	١٠	١٧	١٢
٣٥٠	١٣	١٣	١٦	١٥	١٩	١٨
٤٠٠	١٤	١٨	١٧	٢١	٢٠	٢٥
٤٥٠	١٥	٢٤	١٨	٢٩	٢١	٣٣
٥٠٠	١٦	٣١	٢٠	٣٩	٢٣	٤٥
٦٠٠	١٨	٥١	٢٢	٦٢	٢٦	٧٤
٧٠٠	٢٠	٧٧	٢٤	٩٢	٢٩	١١٢
٨٠٠	٢١	١٠٦	٢٧	١٣٦	٣١	١٥٦
٩٠٠	٢٣	١٤٦	٢٩	١٨٤	٣٤	٢١٦
١٠٠٠	٢٥	١٩٦	٣١	٢٤٣	٣٦	٢٨٣
١٢٠٠	٢٨	٣١٧	٣٤	٣٨٥	٤٠	٤٥٢
١٤٠٠	٣٠	٤٦٢	٣٨	٥٨٥	٤٤	٦٧٧
١٥٠٠	٣٢	٥٦٥	٣٩	٦٨٩	٤٦	٨١٣
١٦٠٠	٣٣	٦٦٣	٤١	٨٢٤	٤٨	٩٦٥
١٨٠٠	٣٦	٩١٦	٤٤	١١٢٠	٥٢	١٣٢٣
٢٠٠٠	٣٨	١١٩٤	٤٧	١٤٧٧	٥٥	١٧٢٨

جدول (٩ ــ ٢)

القطــر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٠,٢٥ متر		٠,٣٠ متر		٠,٣٥ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	١٢	٢	١٣	٢,٣	١٤,٥	٢,٦
١٧٥	١٣	٣	١٤,٧	٣,٥	١٦	٣,٩
٢٠٠	١٤,٥	٤,٥	١٦	٥	١٧,٤	٥,٥
٢٢٥	١٥,٧	٦	١٧	٦,٨	١٩	٧,٦
٢٥٠	١٧	٨	١٨,٧	٩	٢٠	١٠
٣٠٠	١٩	١٣	٢١	١٥	٢٣	١٦
٣٥٠	٢١	٢٠	٢٣	٢٢	٢٥	٢٤
٤٠٠	٢٣	٢٨	٢٥	٣١	٢٧	٣٤
٤٥٠	٢٤	٣٨	٢٧	٤٣	٢٩	٤٦
٥٠٠	٢٦	٥١	٢٩	٥٧	٣١	٦١
٦٠٠	٢٩	٨٢	٣٢	٩٠	٣٥	٩٩
٧٠٠	٣٢	١٢٣	٣٦	١٣٩	٣٩	١٥٠
٨٠٠	٣٥	١٧٦	٣٩	١٩٦	٤٢	٢١١
٩٠٠	٣٨	٢٤٢	٤٢	٢٦٧	٤٥	٢٨٦
١٠٠٠	٤٠	٣١٤	٤٤	٣٤٦	٤٨	٣٧٧
١٢٠٠	٤٥	٥٠٩	٥٠	٥٦٦	٥٤	٦١١
١٤٠٠	٥٠	٧٧٠	٥٥	٨٤٧	٦٠	٩٢٤
١٥٠٠	٥٢	٩١٩	٥٧	١٠٠٧	٦٢	١٠٩٦
١٦٠٠	٥٤	١٠٨٦	٦٠	١٢٠٦	٦٥	١٣٠٧
١٨٠٠	٥٨	١٤٧٦	٦٤	١٦٢٩	٧٠	١٧٨١
٢٠٠٠	٦٢	١٩٤٨	٦٩	٢١٦٨	٧٥	٢٣٥٦

جدول (٩ ــ ٣)

القطــر الداخلى D مم	الفاقد في الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٠,٤٠ متر		٠,٥٠ متر		٠,٦٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	١٥,٦	٢,٨	١٨	٣	١٩,٤	٣,٤
١٧٥	١٧	٤	١٩	٤,٦	٢١	٥
٢٠٠	١٨,٧	٦	٢١	٦,٦	٢٣	٧
٢٢٥	٢٠	٨	٢٣	٩	٢٥	١٠
٢٥٠	٢٢	١١	٢٥	١٢	٢٧	١٣
٣٠٠	٢٤	١٧	٢٨	٢٠	٣٠	٢١
٣٥٠	٢٧	٢٦	٣٠	٢٩	٣٤	٣٣
٤٠٠	٢٩	٣٦	٣٣	٤١	٣٦	٤٥
٤٥٠	٣١	٤٩	٣٥	٥٦	٣٩	٦٢
٥٠٠	٣٤	٦٧	٣٨	٧٥	٤٢	٨٢
٦٠٠	٣٧	١٠٥	٤٢	١١٩	٤٧	١٣٣
٧٠٠	٤٢	١٦٢	٤٧	١٨١	٥٢	٢٠٠
٨٠٠	٤٥	٢٢٦	٥١	٢٥٦	٥٦	٢٨٢
٩٠٠	٤٩	٣١٢	٥٥	٣٥٠	٦١	٣٨٨
١٠٠٠	٥٢	٤٠٨	٥٩	٤٦٣	٦٥	٥١١
١٢٠٠	٥٨	٦٥٦	٦٦	٧٤٦	٧٢	٨١٤
١٤٠٠	٦٤	٩٨٥	٧٣	١١٢٤	٨٠	١٢٣٢
١٥٠٠	٦٧	١١٨٤	٧٦	١٣٤٣	٨٣	١٤٦٧
١٦٠٠	٧٠	١٤٠٧	٧٨	١٥٦٨	٨٧	١٧٤٩
١٨٠٠	٧٥	١٩٠٩	٨٥	٢١٦٣	٩٤	٢٣٩٢
٢٠٠٠	٨٠	٢٥١٣	٩١	٢٨٥٩	١٠٠	٣١٤٢

جدول (٩ ــ ٤)

القطــر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٠,٧٠ متر		٠,٨٠ متر		٠,٩٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٢١	٣,٧	٢٣	٤	٢٤	٤,٢
١٧٥	٢٣	٥,٥	٢٥	٦	٢٧	٦,٥
٢٠٠	٢٥	٨	٢٧	٨,٥	٢٩	٩
٢٢٥	٢٧	١١	٢٩	١١,٥	٣١	١٢
٢٥٠	٣٠	١٥	٣٢	١٦	٣٤	١٧
٣٠٠	٣٣	٢٣	٣٥	٢٥	٣٨	٢٧
٣٥٠	٣٧	٣٦	٣٩	٣٨	٤٢	٤٠
٤٠٠	٣٩	٤٩	٤٢	٥٣	٤٥	٥٧
٤٥٠	٤٢	٦٧	٤٥	٧٢	٤٨	٧٦
٥٠٠	٤٦	٩٠	٤٩	٩٦	٥٢	١٠٢
٦٠٠	٥١	١٤٤	٥٤	١٥٣	٥٨	١٦٤
٧٠٠	٥٦	٢١٥	٦٠	٢٣١	٦٤	٢٤٦
٨٠٠	٦١	٣٠٧	٦٦	٣٣٢	٧٠	٣٥٢
٩٠٠	٦٦	٤٢٠	٧١	٤٥٢	٧٦	٤٨٤
١٠٠٠	٧٠	٥٥٠	٧٥	٥٨٩	٨٠	٦٢٨
١٢٠٠	٧٩	٨٩٣	٨٥	٩٦١	٩٠	١٠١٨
١٤٠٠	٨٧	١٣٣٩	٩٤	١٤٤٧	١٠٠	١٥٣٩
١٥٠٠	٩١	١٦٠٨	٩٧	١٧١٤	١٠٤	١٨٣٨
١٦٠٠	٩٤	١٨٩٠	١٠١	٢٠٣١	١٠٨	٢١٧١
١٨٠٠	١٠٢	٢٥٩٦	١٠٩	٢٧٧٤	١١٧	٢٩٧٧
٢٠٠٠	١٠٩	٣٤٢٤	١١٧	٣٦٧٦	١٢٥	٣٩٢٧

جدول (٩ ــ ٥)

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	١,٠٠ متر		١,٢٠ متر		١,٤٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٢٦	٤,٦	٢٨	٥	٣١	٥,٥
١٧٥	٢٨	٦,٧	٣١	٧,٥	٣٤	٨
٢٠٠	٣١	٩,٧	٣٤	١١	٣٧	١٢
٢٢٥	٣٣	١٣	٣٧	١٥	٤٠	١٦
٢٥٠	٣٦	١٨	٣٩	١٩	٤٣	٢١
٣٠٠	٤٠	٢٨	٤٤	٣١	٤٨	٣٤
٣٥٠	٤٤	٤٢	٤٩	٤٧	٥٣	٥١
٤٠٠	٤٨	٦٠	٥٣	٦٧	٥٧	٧٢
٤٥٠	٥١	٨١	٥٦	٨٩	٦١	٩٧
٥٠٠	٥٥	١٠٨	٦١	١٢٠	٦٦	١٣٠
٦٠٠	٦١	١٧٢	٦٨	١٩٢	٧٤	٢٠٩
٧٠٠	٦٨	٢٦٢	٧٥	٢٨٩	٨٢	٣١٦
٨٠٠	٧٤	٣٧٢	٨٢	٤١٢	٨٩	٤٤٧
٩٠٠	٨٠	٥٠٩	٨٨	٥٦٠	٩٦	٦١١
١٠٠٠	٨٥	٦٦٨	٩٤	٧٣٨	١٠٢	٨٠١
١٢٠٠	٩٥	١٠٧٤	١٠٥	١١٨٨	١١٤	١٢٨٩
١٤٠٠	١٠٦	١٦٣٢	١١٧	١٨٠١	١٢٧	١٩٥٥
١٥٠٠	١١٠	١٩٤٤	١٢١	٢١٣٨	١٣٢	٢٣٣٣
١٦٠٠	١١٤	٢٢٩٢	١٢٦	٢٥٣٣	١٣٧	٢٧٥٥
١٨٠٠	١٢٣	٣١٣٠	١٣٦	٣٤٦١	١٤٨	٣٧٦٦
٢٠٠٠	١٣٢	٤١٤٧	١٤٦	٤٥٨٧	١٥٨	٤٩٦٤

جدول (٩ ــ ٦)

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر: ١,٦٠ متر — السرعة V سم/ثانية	١,٦٠ متر — التصرف Q لتر/ثانية	١,٨٠ متر — السرعة V سم/ثانية	١,٨٠ متر — التصرف Q لتر/ثانية	٢,٠٠ متر — السرعة V سم/ثانية	٢,٠٠ متر — التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٣٣	٥,٨	٣٥	٦	٣٧	٦,٥
١٧٥	٣٦	٨,٧	٣٩	٩	٤١	١٠
٢٠٠	٤٠	١٢,٦	٤٢	١٣	٤٥	١٤
٢٢٥	٤٣	١٧	٤٦	١٨	٤٨	١٩
٢٥٠	٤٦	٢٣	٤٩	٢٤	٥٢	٢٦
٣٠٠	٥٢	٣٧	٥٥	٣٩	٥٨	٤١
٣٥٠	٥٧	٥٥	٦١	٥٩	٦٤	٦٢
٤٠٠	٦١	٧٧	٦٦	٨٣	٦٩	٨٧
٤٥٠	٦٦	١٠٥	٧٠	١١١	٧٤	١١٨
٥٠٠	٧١	١٣٩	٧٦	١٤٩	٨٠	١٥٧
٦٠٠	٧٩	٢٢٣	٨٤	٢٣٧	٨٩	٢٥٢
٧٠٠	٨٨	٣٣٩	٩٤	٣٦٢	٩٩	٣٨١
٨٠٠	٩٥	٤٧٨	١٠٢	٥١٣	١٠٨	٥٤٣
٩٠٠	١٠٣	٦٥٥	١١٠	٧٠٠	١١٦	٧٣٨
١٠٠٠	١١٠	٨٦٤	١١٧	٩١٩	١٢٤	٩٧٤
١٢٠٠	١٢٣	١٣٩١	١٣١	١٤٨٢	١٣٩	١٥٧٢
١٤٠٠	١٣٦	٢٠٩٤	١٤٥	٢٢٣٢	١٥٤	٢٣٧١
١٥٠٠	١٤٢	٢٥٠٩	١٥١	٢٦٦٨	١٦٠	٢٨٢٧
١٦٠٠	١٤٧	٢٩٥٦	١٥٧	٣١٥٧	١٦٦	٣٣٣٨
١٨٠٠	١٥٩	٤٠٤٦	١٧٠	٤٣٢٦	١٨٠	٤٥٨٠
٢٠٠٠	١٧٠	٥٣٤١	١٨١	٥٦٨٦	١٩٢	٦٠٣٢

جدول (٩ ــ ٧)

القطــر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٢,٢٥ متر		٢,٥٠ متر		٢,٧٥ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٤٠	٧	٤٢	٧,٤	٤٤	٧,٨
١٧٥	٤٤	١٠,٦	٤٦	١١	٤٩	١٢
٢٠٠	٤٨	١٥	٥٠	١٦	٥٣	١٧
٢٢٥	٥١	٢٠	٥٤	٢١	٥٧	٢٣
٢٥٠	٥٥	٢٧	٥٩	٢٩	٦٢	٣٠
٣٠٠	٦٢	٤٤	٦٦	٤٧	٦٩	٤٩
٣٥٠	٦٩	٦٦	٧٣	٧٠	٧٦	٧٣
٤٠٠	٧٤	٩٣	٧٨	٩٨	٨٢	١٠٣
٤٥٠	٧٩	١٢٦	٨٤	١٣٤	٨٨	١٤٠
٥٠٠	٨٦	١٦٩	٩١	١٧٩	٩٦	١٨٨
٦٠٠	٩٥	٢٦٩	١٠١	٢٨٦	١٠٦	٣٠٠
٧٠٠	١٠٦	٤٠٨	١١٢	٤٣١	١١٨	٤٥٤
٨٠٠	١١٥	٥٧٨	١٢٢	٦١٣	١٢٨	٦٤٣
٩٠٠	١٢٤	٧٨٩	١٣١	٨٣٣	١٣٨	٨٧٨
١٠٠٠	١٣٢	١٠٣٧	١٤٠	١١٠٠	١٤٧	١١٥٥
١٢٠٠	١٤٨	١٦٧٤	١٥٦	١٧٦٤	١٦٥	١٨٦٦
١٤٠٠	١٦٤	٢٥٢٥	١٧٣	٢٦٦٣	١٨٢	٢٨٠٢
١٥٠٠	١٧٠	٣٠٠٤	١٨٠	٣١٨١	١٩٠	٣٣٥٧
١٦٠٠	١٧٧	٣٥٥٩	١٨٧	٣٧٦٠	١٩٧	٣٩٦١
١٨٠٠	١٩١	٤٨٦٠	٢٠٣	٥١٦٦	٢١٣	٥٤٢٠
٢٠٠٠	٢٠٥	٦٤٤٠	٢١٦	٦٧٨٦	٢٢٨	٧١٦٣

جدول (٩ ــ ٨)

القطـــر	الفاقد في الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٣,٠٠ متر		٣,٢٥ متر		٣,٥٠ متر	
الداخلي D مم	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٤٦	٨	٤٨	٨,٥	٥٠	٨,٩
١٧٥	٥١	١٢	٥٣	١٢,٧	٥٥	١٣
٢٠٠	٥٥	١٧	٥٨	١٨,٠	٦٠	١٩
٢٢٥	٦٠	٢٤	٦٣	٢٥,٠	٦٥	٢٦
٢٥٠	٦٥	٣٢	٦٨	٣٣	٧٠	٣٤
٣٠٠	٧٢	٥١	٧٦	٥٤	٧٩	٥٦
٣٥٠	٨٠	٧٧	٨٤	٨١	٨٧	٨٤
٤٠٠	٨٦	١٠٨	٩٠	١١٣	٩٤	١١٨
٤٥٠	٩٢	١٤٦	٩٧	١٥٤	١٠١	١٦١
٥٠٠	١٠٠	١٩٦	١٠٥	٢٠٦	١٠٩	٢١٤
٦٠٠	١١١	٣١٤	١١٦	٣٢٨	١٢١	٣٤٢
٧٠٠	١٢٣	٤٧٣	١٢٩	٤٩٦	١٣٤	٥١٦
٨٠٠	١٣٤	٦٧٤	١٤٠	٧٠٤	١٤٦	٧٣٤
٩٠٠	١٤٥	٩٢٢	١٥١	٩٦١	١٥٧	٩٩٩
١٠٠٠	١٥٤	١٢١٠	١٦١	١٢٦٤	١٦٨	١٣١٩
١٢٠٠	١٧٣	١٩٥٧	١٨٠	٢٠٣٦	١٨٨	٢١٢٦
١٤٠٠	١٩١	٢٩٤٠	٢٠٠	٣٠٧٩	٢٠٨	٣٢٠٢
١٥٠٠	١٩٩	٣٥١٧	٢٠٨	٣٦٧٦	٢١٦	٣٨١٧
١٦٠٠	٢٠٧	٤١٦٢	٢١٦	٤٣٤٣	٢٢٤	٤٥٠٤
١٨٠٠	٢٢٣	٥٦٧٥	٢٣٣	٥٩٢٩	٢٤٣	٦١٨٤
٢٠٠٠	٢٣٩	٧٥٠٨	٢٤٩	٧٨٢٣	٢٦٠	٨١٦٨

جدول (٩ ــ ١٠)

القطر الداخلي D مم	٤.٥٠ متر: السرعة V سم/ثانية	٤.٥٠ متر: التصرف Q لتر/ثانية	٤.٧٥ متر: السرعة V سم/ثانية	٤.٧٥ متر: التصرف Q لتر/ثانية	٥,٠٠ متر: السرعة V سم/ثانية	٥,٠٠ متر: التصرف Q لتر/ثانية
	الفاقد في الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
١٥٠	٥٨	١٠,٠	٥٩	١٠,٤	٦١	١٠,٨
١٧٥	٦٣	١٥,٠	٦٥	١٥,٧	٦٧	١٦
٢٠٠	٦٩	٢١,٧	٧١	٢٢,٠	٧٣	٢٣
٢٢٥	٧٥	٣٠	٧٧	٣٠,٦	٧٩	٣١
٢٥٠	٨١	٤٠	٨٣	٤١	٨٥	٤٢
٣٠٠	٩٠	٦٤	٩٣	٦٦	٩٥	٦٧
٣٥٠	١٠٠	٩٦	١٠٣	[illegible]	١٠٦	١٠٢
٤٠٠	١٠٧	١٣٤	١١١	١٤٠	١١٤	١٤٣
٤٥٠	١١٥	١٨٣	١١٩	١٨٩	١٢٢	١٩٤
٥٠٠	١٢٥	٢٤٥	١٢٨	٢٥١	١٣٢	٢٥٩
٦٠٠	١٣٨	٣٩٠	١٤٢	٤٠١	١٤٦	٤١٣
٧٠٠	١٥٣	٥٨٩	١٥٨	٦٠٨	١٦٢	٦٢٣
٨٠٠	١٦٧	٨٤٠	١٧٢	٨٦٥	١٧٧	٨٩٠
٩٠٠	١٨٠	١١٤٥	١٨٦	١١٨٣	١٩١	١٢١٥
١٠٠٠	١٩٢	١٥٠٨	١٩٨	١٥٥٥	٢٠٣	١٥٩٤
١٢٠٠	٢١٥	٢٤٣٢	٢٢١	٢٥٠٠	٢٢٧	٢٥٦٧
١٤٠٠	٢٣٨	٣٦٦٤	٢٤٥	٣٧٧٢	٢٥٢	٣٨٧٩
١٥٠٠	٢٤٧	٤٣٦٥	٢٥٥	٤٥٠٦	٢٦٢	٤٦٣٠
١٦٠٠	٢٥٧	٥١٦٧	٢٦٥	٥٣٢٨	٢٧٢	٥٤٦٩
١٨٠٠	٢٧٨	٧٠٧٤	٢٨٦	٧٢٧٨	٢٩٤	٧٤٨١
٢٠٠٠	٢٩٧	٩٣٣١	٣٠٦	٩٦١٣	٣١٥	٩٨٩٦

جدول (٩ ــ ٩)

القطـــر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٣,٧٥ متر		٤,٠٠ متر		٤,٢٥ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٥٢	٩,٢	٥٤	٩,٦	٥٦	٩,٩
١٧٥	٥٧	١٣,٧	٥٩	١٤,٠	٦١	١٤,٧
٢٠٠	٦٣	١٩,٨	٦٥	٢٠,٤	٦٧	٢١
٢٢٥	٦٨	٢٧	٧٠	٢٨	٧٣	٢٩
٢٥٠	٧٣	٣٦	٧٦	٣٧	٧٨	٣٨
٣٠٠	٨٢	٥٨	٨٥	٦٠	٨٧	٦٢
٣٥٠	٩٠	٨٧	٩٤	٩٠	٩٧	٩٣
٤٠٠	٩٧	١٢٢	١٠١	١٢٧	١٠٤	١٣١
٤٥٠	١٠٤	١٦٥	١٠٨	١٧٢	١١٢	١٧٨
٥٠٠	١١٣	٢٢٢	١١٧	٢٣٠	١٢١	٢٣٨
٦٠٠	١٢٥	٣٥٣	١٣٠	٣٦٨	١٣٤	٣٧٩
٧٠٠	١٣٩	٥٣٥	١٤٤	٥٥٤	١٤٩	٥٧٣
٨٠٠	١٥١	٧٥٩	١٥٧	٧٨٩	١٦٢	٨١٤
٩٠٠	١٦٣	١٠٣٧	١٦٩	١٠٧٥	١٧٥	١١١٣
١٠٠٠	١٧٤	١٣٦٧	١٨٠	١٤١٤	١٨٦	١٤٦١
١٢٠٠	١٩٥	٢٢٠٥	٢٠٢	٢٢٨٥	٢٠٨	٢٣٥٢
١٤٠٠	٢١٦	٣٣٢٥	٢٢٣	٣٤٣٣	٢٣١	٣٥٥٦
١٥٠٠	٢٢٤	٣٩٥٨	٢٣٢	٤١٠٠	٢٤٠	٤٢٤١
١٦٠٠	٢٣٣	٤٦٨٥	٢٤١	٤٨٤٦	٢٤٩	٥٠٠٦
١٨٠٠	٢٥٢	٦٤١٣	٢٦١	٦٦٤٢	٢٧٠	٦٨٧١
٢٠٠٠	٢٦٩	٨٤٥١	٢٧٩	٨٧٦٥	٢٨٨	٩٠٤٨

جدول (٩ ــ ١١)

القطــــر الداخلي D مم	الفاقد في الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٥,٥٠ متر		٦,٠٠ متر		٧,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٦٤	١١,٣	٦٧	١٢	٧٣	١٣
١٧٥	٧١	١٧	٧٤	١٨	٨٠	١٩
٢٠٠	٧٧	٢٤	٨١	٢٥	٨٨	٢٨
٢٢٥	٨٣	٣٣	٨٧	٣٥	٩٥	٣٨
٢٥٠	٩٠	٤٤	٩٤	٤٦	١٠٢	٥٠
٣٠٠	١٠٠	٧١	١٠٥	٧٤	١١٤	٨١
٣٥٠	١١١	١٠٧	١١٧	١١٣	١٢٧	١٢٢
٤٠٠	١٢٠	١٥١	١٢٥	١٥٧	١٣٦	١٧١
٤٥٠	١٢٨	٢٠٤	١٣٤	٢١٣	١٤٦	٢٣٢
٥٠٠	١٣٩	٢٧٣	١٤٦	٢٨٧	١٥٨	٣١٠
٦٠٠	١٥٤	٤٣٥	١٦١	٤٥٥	١٧٥	٤٩٥
٧٠٠	١٧١	٦٥٨	١٧٩	٦٨٩	١٩٥	٧٥٠
٨٠٠	١٨٦	٩٥٣	١٩٥	٩٨٠	٢١٢	١٠٦٦
٩٠٠	٢٠١	١٢٧٩	٢١١	١٣٤٢	٢٢٩	١٤٥٧
١٠٠٠	٢١٤	١٦٨١	٢٢٤	١٧٥٩	٢٤٤	١٩١٦
١٢٠٠	٢٣٩	٢٧٠٣	٢٥١	٢٨٣٩	٢٧٣	٣٠٨٨
١٤٠٠	٢٦٥	٤٠٧٩	٢٧٨	٤٢٨٠	٣٠٢	٤٦٤٩
١٥٠٠	٢٧٦	٤٨٧٧	٢٨٩	٥١٠٧	٣١٤	٥٥٤٩
١٦٠٠	٢٨٧	٥٧٧٠	٣٠٠	٦٠٣٢	٣٢٦	٦٥٥٥
١٨٠٠	٣١٠	٧٨٨٩	٣٢٥	٨٢٧٠	٣٥٣	٨٩٨٣
٢٠٠٠	٣٣١	١٠٣٩٩	٣٤٧	١٠٩٠١	٣٧٧	١١٨٤٤

جدول (٩ ــ ١٢)

القطـر الداخلى D مم	الفاقد في الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٨,٠٠ متر		٩,٠٠ متر		١٠,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٧٩	١٤	٨٤	١٥	٨٩	١٦
١٧٥	٨٦	٢١	٩٢	٢٢	٩٧	٢٣
٢٠٠	٩٤	٣٠	١٠٠	٣١	١٠٦	٣٣
٢٢٥	١٠٢	٤١	١٠٩	٤٣	١١٥	٤٦
٢٥٠	١١٠	٥٤	١١٧	٥٧	١٢٤	٦١
٣٠٠	١٢٣	٨٧	١٣١	٩٣	١٣٩	٩٨
٣٥٠	١٣٦	١٣١	١٤٥	١٣٩	١٥٤	١٤٨
٤٠٠	١٤٧	١٨٥	١٥٦	١٩٦	١٦٥	٢٠٧
٤٥٠	١٥٧	٢٥٠	١٦٧	٢٦٦	١٧٧	٢٨١
٥٠٠	١٧٠	٣٣٤	١٨١	٣٥٥	١٩٢	٣٧٧
٦٠٠	١٨٨	٥٣١	٢٠١	٥٦٨	٢١٣	٦٠٢
٧٠٠	٢٠٩	٨٠٤	٢٢٣	٨٥٨	٢٣٦	٩٠٨
٨٠٠	٢٢٨	١١٤٦	٢٤٣	١٢٢٢	٢٥٧	١٢٩٢
٩٠٠	٢٤٦	١٥٦٥	٢٦٢	١٦٦٧	٢٧٨	١٧٦٩
١٠٠٠	٢٦٢	٢٠٥٨	٢٧٩	٢١٩١	٢٩٥	٢٣١٧
١٢٠٠	٢٩٣	٣٣١٤	٣١٢	٣٥٢٩	٣٣١	٣٧٤٤
١٤٠٠	٣٢٥	٥٠٠٣	٣٤٦	٥٣٢٦	٣٦٦	٥٦٣٤
١٥٠٠	٣٣٨	٥٩٧٣	٣٦٠	٦٣٦٢	٣٨١	٦٧٣٣
١٦٠٠	٣٥١	٧٠٥٧	٣٧٤	٧٥٢٠	٣٩٦	٧٩٦٢
١٨٠٠	٣٨٠	٩٦٧٠	٤٠٤	١٠٢٨١	٤٢٨	١٠٨٩١
٢٠٠٠	٤٠٦	١٢٧٥٥	٤٣٢	١٣٥٧٢	٤٥٨	١٤٣٨٩

جدول (٩ ــ ١٣)

القطــر الداخلى D مم	الفاقد في الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	١٢,٠٠ متر		١٤,٠٠ متر		١٦,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٩٨	١٧	١٠٦	١٩	١١٤	٢٠
١٧٥	١٠٨	٢٦	١١٧	٢٨	١٢٦	٣٠
٢٠٠	١١٧	٣٧	١٢٧	٤٠	١٣٧	٤٣
٢٢٥	١٢٧	٥١	١٣٨	٥٥	١٤٨	٥٩
٢٥٠	١٣٧	٦٧	١٤٩	٧٣	١٦٠	٧٩
٣٠٠	١٥٣	١٠٨	١٦٦	١١٧	١٧٩	١٢٧
٣٥٠	١٦٩	١٦٣	١٨٤	١٧٧	١٩٨	١٩٠
٤٠٠	١٨٢	٢٢٩	١٩٨	٢٤٩	٢١٣	٢٦٨
٤٥٠	١٩٥	٣١٠	٢١٢	٣٣٧	٢٢٨	٣٦٣
٥٠٠	٢١٢	٤١٦	٢٣٠	٤٥١	٢٤٧	٤٨٥
٦٠٠	٢٣٥	٦٦٤	٢٥٥	٧٢١	٢٧٤	٧٧٥
٧٠٠	٢٦١	١٠٠٤	٢٨٣	١٠٨٩	٣٠٤	١١٧٠
٨٠٠	٢٨٣	١٤٢٣	٣٠٨	١٥٤٨	٣٣١	١٦٦٤
٩٠٠	٣٠٦	١٩٤٧	٣٣٣	٢١١٩	٣٥٨	٢٢٧٨
١٠٠٠	٣٢٦	٢٥٦٠	٣٥٤	٢٧٨٠	٣٨١	٢٩٩٢
١٢٠٠	٣٦٥	٤١٢٨	٣٩٧	٤٤٩٠	٤٢٦	٤٨١٨
١٤٠٠	٤٠٤	٦٢١٩	٤٣٩	٦٧٥٨	٤٧٢	٧٢٦٦
١٥٠٠	٤٢٠	٧٤٢٢	٤٥٧	٨٠٧٦	٤٩١	٨٦٧٦
١٦٠٠	٤٣٧	٨٧٨٦	٤٧٥	٩٥٥٠	٥١٠	١٠٢٥٤
١٨٠٠	٤٧٢	١٢٠١١	٥١٣	١٣٠٥٤		
٢٠٠٠	٥٠٥	١٥٨٦٥				

جدول (٩ ــ ١٤)

القطـــر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	١٨,٠٠ متر		٢٠,٠٠ متر		٢٢,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	١٢٢	٢٢	١٢٩	٢٣	١٣٦	٢٤
١٧٥	١٣٤	٣٢	١٤٢	٣٤	١٤٩	٣٦
٢٠٠	١٤٦	٤٦	١٥٥	٤٩	١٦٣	٥١
٢٢٥	١٥٨	٦٣	١٦٧	٦٦	١٧٦	٧٠
٢٥٠	١٧٠	٨٣	١٨٠	٨٨	١٩٠	٩٣
٣٠٠	١٩١	١٣٥	٢٠٢	١٤٣	٢١٢	١٥٠
٣٥٠	٢١١	٢٠٣	٢٢٣	٢١٥	٢٣٥	٢٢٦
٤٠٠	٢٢٧	٢٨٥	٢٤٠	٣٠٢	٢٥٣	٣١٨
٤٥٠	٢٤٣	٣٨٦	٢٥٨	٤١٠	٢٧١	٤٣١
٥٠٠	٢٦٤	٥١٨	٢٧٩	٥٤٨	٢٩٤	٥٧٧
٦٠٠	٢٩٢	٨٢٥	٣٠٩	٨٧٤	٣٢٥	٩١٩
٧٠٠	٣٢٤	١٢٤٧	٣٤٣	١٣٢٠	٣٦٢	١٣٩٣
٨٠٠	٣٥٣	١٧٧٥	٣٧٤	١٨٨٠	٣٩٣	١٩٧٦
٩٠٠	٣٨١	٢٤٢٤	٤٠٤	٢٥٧٠	٤٢٥	٢٧٠٤
١٠٠٠	٤٠٦	٣١٨٩	٤٢٩	٣٣٦٩	٤٥٢	٣٥٥٠
١٢٠٠	٤٥٤	٥١٣٥	٤٨١	٥٤٤٠	٥٠٦	٥٧٢٣
١٤٠٠	٥٠٣	٧٧٤٣	٥٣٢	٨١٩٠		

جدول (٩ ــ ١٥)

القطــر الداخلى	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٢٤,٠٠ متر		٢٦,٠٠ متر		٢٨,٠٠ متر	
D مم	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	١٤٢	٢٥	١٤٨	٢٦	١٥٤	٢٧
١٧٥	١٥٦	٣٨	١٦٣	٣٩	١٧٠	٤١
٢٠٠	١٧١	٥٤	١٧٨	٥٦	١٨٥	٥٨
٢٢٥	١٨٥	٧٤	١٩٣	٧٧	٢٠١	٨٠
٢٥٠	١٩٩	٩٨	٢٠٨	١٠٢	٢١٦	١٠٦
٣٠٠	٢٢٣	١٥٨	٢٣٢	١٦٤	٢٤٢	١٧١
٣٥٠	٢٤٦	٢٣٧	٢٥٧	٢٤٧	٢٦٨	٢٥٨
٤٠٠	٢٦٥	٣٣٣	٢٧٧	٣٤٨	٢٨٨	٣٦٢
٤٥٠	٢٨٤	٤٥٢	٢٩٧	٤٧٢	٣٠٩	٤٩١
٥٠٠	٣٠٨	٦٠٥	٣٢٢	٦٣٢	٣٣٥	٦٥٨
٦٠٠	٣٤١	٩٦٤	٣٥٦	١٠٠٦	٣٧١	١٠٤٩
٧٠٠	٣٧٩	١٤٥٨	٣٩٦	١٥٢٤	٤١٢	١٥٨٥
٨٠٠	٤١٢	٢٠٧١	٤٣٠	٢١٦٢	٤٤٨	٢٢٥٢
٩٠٠	٤٤٥	٢٨٣١	٤٦٥	٢٩٥٨	٤٨٤	٣٠٧٩
١٠٠٠	٤٧٤	٣٧٢٣	٤٩٥	٣٨٨٨	٥١٥	٤٠٤٥
١٢٠٠	٥٣١	٦٠٠٦				

جدول (٩ ــ ١٦)

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٣٠,٠٠ متر		٣٢.٠٠ متر		٣٤,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	١٦٠	٢٨	١٦٦	٢٩	١٧٢	٣٠
١٧٥	١٧٦	٤٢	١٨٣	٤٤	١٨٩	٤٦
٢٠٠	١٩٢	٦٠	١٩٩	٦٢	٢٠٦	٦٥
٢٢٥	٢٠٨	٨٣	٢١٦	٨٦	٢٢٣	٨٩
٢٥٠	٢٢٤	١١٠	٢٣٢	١١٤	٢٤٠	١١٨
٣٠٠	٢٥١	١٧٧	٢٦٠	١٨٤	٢٦٩	١٩٠
٣٥٠	٢٧٨	٢٦٧	٢٨٨	٢٧٧	٢٩٧	٢٨٦
٤٠٠	٢٩٩	٣٧٦	٣١٠	٣٩٠	٣٢٠	٤٠٢
٤٥٠	٣٢١	٥١٠	٣٣٢	٥٢٨	٣٤٣	٥٤٥
٥٠٠	٣٤٧	٦٨١	٣٦٠	٧٠٧	٣٧٢	٧٣٠
٦٠٠	٣٨٥	١٠٨٨	٣٩٨	١١٢٥	٤١٢	١١٦٥
٧٠٠	٤٢٨	١٦٤٧	٤٤٣	١٧٠٥	٤٥٧	١٧٥٩
٨٠٠	٤٦٥	٢٣٣٨	٤٨١	٢٤١٨	٤٩٧	٢٤٩٨
٩٠٠	٥٠٢	٣١٩٤	٥٢٠	٣٣٠٨	٥٣٧	٣٤١٦

جدول (٩ ــ ١٧)

القطــر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٣٦,٠٠ متر		٣٨,٠٠ متر		٤٠,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	١٧٧	٣١	١٨٢	٣٢	١٨٧	٣٣
١٧٥	١٩٥	٤٧	٢٠٠	٤٨	٢٠٦	٥٠
٢٠٠	٢١٢	٦٧	٢١٩	٦٩	٢٢٥	٧١
٢٢٥	٢٣٠	٩٢	٢٣٧	٩٤	٢٤٣	٩٧
٢٥٠	٢٤٨	١٢٢	٢٥٥	١٢٥	٢٦٢	١٢٩
٣٠٠	٢٧٧	١٩٦	٢٨٥	٢٠١	٢٩٣	٢٠٧
٣٥٠	٣٠٧	٢٩٥	٣١٦	٣٠٤	٣٢٥	٣١٣
٤٠٠	٣٣٠	٤١٥	٣٤٠	٤٢٧	٣٥٠	٤٤٠
٤٥٠	٣٥٤	٥٦٣	٣٦٤	٥٧٩	٣٧٥	٥٩٦
٥٠٠	٣٨٣	٧٥٢	٣٩٥	٧٧٥	٤٠٦	٧٩٧
٦٠٠	٤٢٥	١٢٠١	٤٣٧	١٢٣٥	٤٤٩	١٢٦٩
٧٠٠	٤٧٢	١٨١٦	٤٨٦	١٨٧٠	٤٩٩	١٩٢٠
٨٠٠	٥١٣	٢٥٧٩	٥٢٨	٢٦٥٤	٥٤٣	٢٧٣٠

جدول (٩ ــ ١٨)

القطر الداخلى	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٤٢,٠٠ متر		٤٤,٠٠ متر		٤٦,٠٠ متر	
D مم	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	١٩٢	٣٤	١٩٧	٣٥	٢٠٢	٣٦
١٧٥	٢١١	٥١	٢١٧	٥٢	٢٢٢	٥٤
٢٠٠	٢٣١	٧٣	٢٣٧	٧٤	٢٤٢	٧٦
٢٢٥	٢٥٠	١٠٠	٢٥٦	١٠٢	٢٦٣	١٠٥
٢٥٠	٢٦٩	١٣٢	٢٧٦	١٣٦	٢٨٣	١٣٩
٣٠٠	٣٠١	٢١٣	٣٠٩	٢١٨	٣١٦	٢٢٣
٣٥٠	٣٣٣	٣٢٠	٣٤٢	٣٢٩	٣٥٠	٣٣٧
٤٠٠	٣٥٩	٤٥١	٣٦٨	٤٦٣	٣٧٧	٤٧٤
٤٥٠	٣٨٥	٦١٢	٣٩٤	٦٢٦	٤٠٤	٦٤٢
٥٠٠	٤١٧	٨١٩	٤٢٧	٨٣٨	٤٣٨	٨٦٠
٦٠٠	٤٦١	١٣٠٣	٤٧٣	١٣٣٧	٤٨٥	١٣٧١
٧٠٠	٥١٣	١٩٧٤	٥٢٦	٢٠٢٤	٥٣٩	٢٠٧٤

جدول (٩ ـــ ١٩)

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٤٨,٠٠ متر		٥٠,٠٠ متر		٥٢,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٢٠٧	٣٧	٢١١	٣٧,٥	٢١٦	٣٨
١٧٥	٢٢٧	٥٥	٢٣٢	٥٦	٢٣٧	٥٧
٢٠٠	٢٤٨	٧٨	٢٥٣	٧٩	٢٥٩	٨١
٢٢٥	٢٦٩	١٠٧	٢٧٥	١٠٩	٢٨١	١١٢
٢٥٠	٢٨٩	١٤٢	٢٩٦	١٤٥	٣٠٢	١٤٨
٣٠٠	٣٢٤	٢٢٩	٣٣١	٢٣٤	٣٣٨	٢٣٩
٣٥٠	٣٥٨	٣٤٤	٣٦٦	٣٥٢	٣٧٤	٣٦٠
٤٠٠	٣٨٦	٤٨٥	٣٩٤	٤٩٥	٤٠٣	٥٠٧
٤٥٠	٤١٣	٦٥٧	٤٢٢	٦٧١	٤٣٢	٦٨٧
٥٠٠	٤٤٨	٨٧٩	٤٥٨	٨٩٩	٤٦٨	٩١٩
٦٠٠	٤٩٦	١٤٠٢	٥٠٧	١٤٣٣	٥١٨	١٤٦٤

جدول (٩ ــ ٢٠)

القطــر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٥٦,٠٠ متر		٦٠,٠٠ متر		٦٤,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٢٢٥	٤٠	٢٣٣	٤١	٢٤١	٤٣
١٧٥	٢٤٧	٦٠	٢٥٦	٦٢	٢٦٦	٦٤
٢٠٠	٢٦٩	٨٤	٢٨٠	٨٨	٢٩٠	٩١
٢٢٥	٢٩٢	١١٦	٣٠٣	١٢١	٣١٤	١٢٥
٢٥٠	٣١٤	١٥٤	٣٢٦	١٦٠	٣٣٨	١٦٦
٣٠٠	٣٥٢	٢٤٩	٣٦٥	٢٥٨	٣٧٨	٢٦٧
٣٥٠	٣٨٩	٣٧٤	٤٠٤	٣٨٩	٤١٨	٤٠٢
٤٠٠	٤١٩	٥٢٧	٤٣٥	٥٤٧	٤٥١	٥٦٧
٤٥٠	٤٤٩	٧١٤	٤٦٦	٧٤١	٤٨٣	٧٦٨
٥٠٠	٤٨٧	٩٥٦	٥٠٥	٩٩١	٥٢٣	١٠٢٧
٦٠٠	٥٣٩	١٥٢٤				

جدول (٩ ــ ٢١)

القطر الداخلى مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٦٨,٠٠ متر		٧٢,٠٠ متر		٧٦,٠٠ متر	
	السرعة سم ثانية	التصرف لتر/ثانية	السرعة سم/ثانية	التصرف لتر/ثانية	السرعة سم/ثانية	التصرف لتر/ثانية
١٥٠	٢٤٩	٤٤	٢٥٧	٤٥	٢٦٥	٤٧
١٧٥	٢٧٤	٦٦	٢٨٣	٦٨	٢٩١	٧٠
٢٠٠	٢٩٩	٩٤	٣٠٩	٩٧	٣١٨	١٠٠
٢٢٥	٣٢٤	١٢٩	٣٣٤	١٣٣	٣٤٤	١٣٧
٢٥٠	٣٤٩	١٧١	٣٦٠	١٧٧	٣٧١	١٨٢
٣٠٠	٣٩١	٢٧٦	٤٠٣	٢٨٥	٤١٥	٢٩٣
٣٥٠	٤٣٢	٤١٦	٤٤٦	٤٢٩	٤٥٩	٤٤٢
٤٠٠	٤٦٦	٥٨٦	٤٨٠	٦٠٣	٤٩٤	٦٢١
٤٥٠	٤٩٩	٧٩٣	٥١٤	٨١٧	٥٣٠	٨٤٣

جدول (٩ ــ ٢٢)

القطر الداخلى مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٨٠,٠٠ متر		٨٥,٠٠ متر		٩٠,٠٠ متر	
	السرعة سم/ثانية	التصرف لتر/ثانية	السرعة سم/ثانية	التصرف لتر/ثانية	السرعة سم/ثانية	التصرف لتر/ثانية
١٥٠	٢٧٢	٤٨	٢٨١	٥٠	٢٩٠	٥١
١٧٥	٣٠٠	٧٢	٣٠٩	٧٤	٣١٩	٧٧
٢٠٠	٣٢٧	١٠٣	٣٣٨	١٠٦	٣٤٨	١٠٩
٢٢٥	٣٥٤	١٤١	٣٦٦	١٤٦	٣٧٧	١٥٠
٢٥٠	٣٨١	١٨٧	٣٩٤	١٩٣	٤٠٦	١٩٩
٣٠٠	٤٢٧	٣٠٢	٤٤١	٣١٢	٤٥٥	٣٢٢
٣٥٠	٤٧٢	٤٥٤	٤٨٨	٤٦٩	٥٠٣	٤٨٤
٤٠٠	٥٠٨	٦٣٩	٥٢٥	٦٦٠	٥٤٢	٦٨١

جدول (٩ ــ ٢٣)

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٩٥,٠٠ متر		١٠٠,٠٠ متر		١١٠,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٢٩٩	٥٣	٣٠٧	٥٤	٣٢٣	٥٧
١٧٥	٣٢٩	٧٩	٣٣٨	٨١	٣٥٦	٨٦
٢٠٠	٣٥٩	١١٣	٣٦٩	١١٦	٣٨٨	١٢٢
٢٢٥	٣٨٨	١٥٤	٣٩٩	١٥٩	٤٢٠	١٦٧
٢٥٠	٤١٨	٢٠٥	٤٣٠	٢١١	٤٥٣	٢٢٢
٣٠٠	٤٦٨	٣٣١	٤٨١	٣٤٠	٥٠٧	٣٥٨
٣٥٠	٥١٨	٤٩٨	٥٣٢	٥١٢	٥٦١	٥٤٠

جدول (٩ ــ ٢٤)

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	١٢٠,٠٠ متر		١٣٠,٠٠ متر		١٤٠,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٣٣٩	٦٠	٣٥٤	٦٣	٣٦٨	٦٥
١٧٥	٣٧٣	٩٠	٣٨٩	٩٤	٤٠٥	٩٨
٢٠٠	٤٠٧	١٢٨	٤٢٥	١٣٣	٤٤٢	١٣٩
٢٢٥	٤٤١	١٧٦	٤٦٠	١٨٣	٤٧٩	١٩١
٢٥٠	٤٧٤	٢٣٣	٤٩٥	٢٤٣	٥١٦	٢٥٣
٣٠٠	٥٣١	٣٧٥	٥٥٤	٣٩٢	٥٧٧	٤٠٨

جدول (٩ ـ ٢٥)

القطر الداخلى	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	١٥٠,٠٠ متر		١٦٠,٠٠ متر		١٧٠,٠٠ متر	
D مم	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٣٨٢	٦٨	٣٩٦	٧٠	٤٠٩	٧٢
١٧٥	٤٢١	١٠١	٤٣٥	١٠٥	٤٥٠	١٠٨
٢٠٠	٤٥٥	١٤٤	٤٧٥	١٤٩	٤٩١	١٥٤
٢٢٥	٤٩٧	١٩٨	٥١٥	٢٠٥	٥٣٢	٢١٢
٢٥٠	٥٣٥	٢٦٣	٥٥٤	٢٧٢	٥٧٣	٢٨١

جدول (٩ ـ ٢٦)

القطر الداخلى	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	١٨٠,٠٠ متر		١٩٠,٠٠ متر		٢٠٠,٠٠ متر	
D مم	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٤٢٢	٧٥	٤٣٤	٧٧	٤٤٧	٧٩
١٧٥	٤٦٤	١١٢	٤٧٨	١١٥	٤٩١	١١٨
٢٠٠	٥٠٦	١٥٩	٥٢١	١٦٤	٥٣٦	١٦٨

جدول (٩ ــ ٢٧)

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٢١٠,٠٠ متر		٢٢٠,٠٠ متر		٢٣٠,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٤٥٩	٨١	٤٧٠	٨٣	٤٨٢	٨٥
١٧٥	٥٠٤	١٢١	٥١٧	١٢٥	٥٣٠	١٢٨

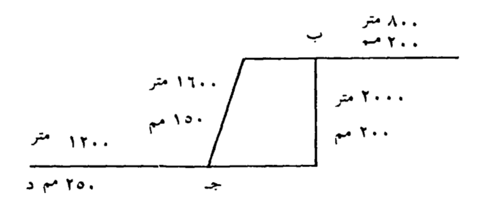
جدول (٩ ــ ٢٨)

القطر الداخلى D مم	الفاقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر					
	٢٤٠,٠٠ متر		٢٥٠,٠٠ متر		٢٧٥,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية	السرعة V سم/ثانية	التصرف Q لتر/ثانية
١٥٠	٤٩٣	٨٧	٥٠٤	٨٩	٥٣٠	٩٤
١٧٥	٥٤٢	١٣١	٥٥٤	١٣٤	٥٨٣	١٤١

التوازي أو على التوالي بخط واحد يسمى خط مواسير مكافيء لمجموعة من الخطوط وعلى ذلك فالماسورة المكافئة هي خط مواسير تخيُّلي تحَلّ محل مجموعة مس الخطوط بحيث يكون الفاقد في الضغط متساوي في الماسورة المكافئة والمجموعة الأساسية لنفس التصرف .

مثال :

إحسب قطر خط مواسير مكافيء طوله ٤ كيلو متر بحيث يكون مكافئا لمجموعة المواسير المبينة بالشكل :



الحل :

(١) نستبدل الخطين المتوازيين بين ب ، جـ بخط مكافيء طوله ٢٠٠٠ متر .

(٢) نفرض أي فاقد في الضغط بين ب ، جـ ، وليكن ٢٠ متر

(٣) باستخدام المخطط البياني (شكل ٣٠) ، أو إستخدام جدول (٩) الخاص باستخدام معادلة هازن نجد أن التصرف في الخط السفلي بين ب ، جـ بطول ٢٠٠٠ متر ، وقطر ٢٠٠ مم عند فاقد في الضغط (٢٠ ÷ ٢٠٠٠) ، هو ٣٣ لتر / ثانية .

(٤) بنفس الطريقة السابقة نجد أن التصرف في الخط العلوي بين ب ، جـ بطول ١٦٠٠ متر وقطر ١٥٠ مم ، عند فاقد في الضغط (٢٠ ÷ ١٦٠٠) ، هو ١٨ لتر / ثانية .

(٥) الماسورة المكافئة إذن من ب إلى جـ بطول ٢٠٠٠ متر هي التي تحمل تصرفا يساوي (٣٣ + ١٨) = ٥١ لتر / ثانية عند فاقدا في الضغط يساوي (٢٠ ÷ ٢٠٠٠) نجد أن قطر الماسورة هو ٢٣٥ مم .

(٦) تصبح المجموعة الجديدة هي ، ثلاثة مواسير على التوالي :

٨٠٠ متر بقطر ٢٠٠ مم

٢٠٠٠ متر بقطر ٢٣٥ مم

١٢٠٠ متر بقطر ٢٥٠ مم

وبفرض تصرفا يساوي ٤٠ لتر / ثانية ، يكون الفاقد في الضغط في المواسير الثلاثة باستخدام شكل (٣٠) هو على التوالي : —

(٠,٠١٣٥)× ٨٠٠ = ١٠,٨٠ متر

(٠,٠٠٦) × ٢٠٠٠ = ١٢ متر

(٠,٠٠٤٤) × ١٢٠٠ = ٥,٢٨ متر

مجموع الفاقد في الضغط = ٢٨,٠٨ متر

(٧) الماسورة المكافئة من أ إلى د بطول ٤٠٠٠ متر ، والتي يكون فيها الفاقد في الضغط (٢٨,٠٨ ÷ ٤٠٠٠) عند تصرف ٤٠ لتر / ثانية ؛ يكون قطرها ٢٢٥ مم

رابعا : التصرفات النسبية المكافئة لأقطار المواسير :

يوضح جدول (١٠) التصرفات النسبية المكافئة للأقطار المختلفة ، لتحديد عدد المواسير التي تحمل نفس التصرف المار في ماسورة أكبر وذلك على أساس المعادلة الآتية : —

$$N = \sqrt{\left(\frac{D}{d}\right)^5}$$

جدول (١٠)

التصرفات النسبية المكافئة

قطر الماسورة (مم)	العدد التقريبي للمواسير المكافئة للماسورة التي بأقطار (مم ــ قطر داخلي)								
	١٠٠	١٢٥	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠
١٠٠	١	١,٧	٢,٨	٥,٧	١٠	١٥,٦	٢٣	٣٢	٤٣
١٢٥		١	١,٦	٣,٢	٥,٧	٨,٩	١٣	١٨	٢٥
١٥٠			١	٢	٣,٦	٥,٧	٨,٣	١١,٦	١٥,٦
٢٠٠				١	١,٧	٢,٨	٤	٥,٧	٧,٦
٢٥٠					١	١,٦	٢,٣	٣,٢	٤,٣
٣٠٠						١	١,٥	٢	٢,٨
٣٥٠							١	١,٤	١,٩
٤٠٠								١	١,٣
٤٥٠									١
٥٠٠									
٦٠٠									
٧٠٠									
٨٠٠									
٩٠٠									
١٠٠٠									
١٢٠٠									
١٤٠٠									
١٥٠٠									
١٦٠٠									

جدول (١٠ ــ ب)

تابع التصرفات النسبية المكافئة

قطر الماسورة	العدد التقريبي للمواسير المكافئة للماسورة التي بأقطار (مم ــ قطر داخلي)									
(مم)	٥٠٠	٦٠٠	٧٠٠	٨٠٠	٩٠٠	١٠٠٠	١٢٠٠	١٤٠٠	١٥٠٠	١٦٠٠
١٠٠	٥٦	٨٨	١٣٠	١٨١	٢٤٣	٣١٦	٤٩٩	٧٢٣	٨٧١	١٠٢٤
١٢٥	٣٢	٥٠	٧٤	١٠٤	١٣٩	١٨١	٢٨٦	٤٢٠	٤٩٩	٥٨٦
١٥٠	٢٠	٣٢	٤٧	٦٦	٨٨	١١٥	١٨١	٢٦٦	٣١٦	٣٧٢
٢٠٠	٩,٩	١٥,٦	٢٣	٣٢	٤٣	٥٦	٨٨	١٣٠	١٥٤	١٨١
٢٥٠	٥,٧	٨,٩	١٣	١٨,٣	٢٤,٦	٣٢	٥٠	٧٤	٨٨	١٠٤
٣٠٠	٣,٦	٥,٧	٨,٣	١١,٦	١٥,٦	٢٠	٣٢	٤٧	٥٦	٦٦
٣٥٠	٢,٤	٣,٨	٥,٧	٧,٩	١٠,٦	١٣,٨	٢١,٨	٣٢	٣٨	٤٤,٧
٤٠٠	١,٧	٢,٨	٤	٥,٧	٧,٦	٩,٩	١٥,٦	٢٣	٢٧	٣٢
٤٥٠	١,٣	٢	٣	٤,٢	٥,٧	٧,٤	١١,٦	١٧	٢٠	٢٤
٥٠٠	١	١,٦	٢,٣	٣,٢	٤,٣	٥,٧	٨,٩	١٣	١٥,٦	١٨,٣
٦٠٠		١	١,٥	٢	٢,٨	٣,٦	٥,٧	٨,٣	٩,٩	١١,٦
٧٠٠			١	١,٤	١,٩	٢,٤	٣,٨	٥,٧	٦,٧	٧,٩
٨٠٠				١	١,٣	١,٧	٢,٨	٤	٤,٨	٥,٧
٩٠٠					١	١,٣	٢	٣	٣,٦	٤,٢
١٠٠٠						١	١,٦	٢,٣	٢,٨	٣,٢
١٢٠٠							١	١,٥	١,٧	٢
١٤٠٠								١	١,٢	١,٤
١٥٠٠									١	١,٢
١٦٠٠										١

N = عدد المواسير الفرعية .

D = القطر الداخلي للماسورة الرئيسية .

d = القطر الداخلي للماسورة الفرعية .

وفي حالة إختلاف الأقطار الداخلية عن بيانات الجدول ، يمكن استخدام المعادلة السابقة .

خامساً : تصميم خطوط المياه :

تستخدم طريقة القطاعات عادة لبساطتها ، إلا أنها كطريقة تقريبية يمكن الاعتماد عليها في مراحل التصميمات الابتدائية ، ثم يتبعها طرق أخرى أكثر دقة، وطريقة القطاعات موضحة في مثال عددي ، وفي جميع الطرق المتبعة في التصميم يمكن الاستعانة بأسس التصميم الآتية :

١ ــ يكون أساس التصميم لتخدم شبكة التوزيع فترة زمنية تقارب العمر الافتراض للمواسير ، وعلى أساس ذلك يتم حساب التصرف التصميمي ، وعادة تخدم شبكة التوزيع مدة لا تقل عن ٤٠ سنة .

٢ ــ يتم اختيار التصرف التصميمي على أساس القيمة الأكبر من :

أ) (٢,٥ ــ ٣) مرات من التصرف المتوسط ، أو

ب) التصرف المتوسط + معدل مقاومة الحريق .

٣ ــ يكون الفاقد في الضغط نتيجة الاحتكاك في حدود (٢ــ٣) في الألف على أساس أن سرعة المياه في المواسير حوالي (٨٠ ــ ١٢٠) سم / ثانية في المتوسط في حالة سريان التصرف التصميمي في المواسير .

٤ ــ يمكن زيادة ١٠ ٪ من أطوال مواسير شبكة التوزيع مقابل الفاقد في الضغط في محابس المياه والقطع الخاصة .

٥ ــ لا تزيد المسافة بين الخطوط الرئيسية عن ١٠٠٠ متر .

٦ ــ الخطوط الفرعية تكون بقطر ١٥٠ مم إذا كانت المسافات بينها لا تزيد

عن ١٨٠ متر . وإذا زادت المسافة بينها عن ١٨٠ متر تكون الخطوط الفرعية بقطر ٢٠٠ مم أو أكبر .

٧ ــ في المناطق التجارية لا يقل قطر المواسير الفرعية عن ٢٠٠ مم بالنسبة للخطوط المتصلة ، وتكون بقطر ٣٠٠ مم في الشوارع الرئيسية والخطوط الطويلة .

٨ ــ لا تزيد المسافة بين المحابس عن ٤٠٠ متر ، وتكون حوالي ١٥٠ متر على الخطوط الرئيسية في الأحياء التجارية ، وتكون حوالي ٢٤٠ متر على الخطوط الرئيسية في المناطق الأخرى .

٩ ــ يكون تصرف حنفية الحريق عادة حوالي ١ متر مكعب في الدقيقة . وفي أي منطقة سكنية معينة يجب أن تعطى مجموعة حنفيات الحريق في هذه المنطقة تصرفا يترواح بين (٣ ــ ٥) متر مكعب في الدقيقة . وفي شبكات المياه العمومية يجب ألا يقل ضغط المياه في ساعات الاستهلاك القصوى عن ٢٠ متر .

وتصرف حنفية الحريق وهو ١ متر مكعب في الدقيقة يمكن أن تحمله ماسورة قطر ٤ بوصة من الجهتين . وتكون فوهة خرطوم الحريق ١٣ ، ١٩ ، ٢٥ ، مم لتصرفات (٠,١٦) ، (٠,٤٥) ، (١,١٠) متر مكعب في الدقيقة على التوالي .

١٠ ــ يركب صمام (حنفية) الحريق Fire Hydrant على وصلة متفرعة من مواسير شبكة التوزيع، ومركب على هذه الفرعة محبس قفل لحنفية الحريق ليمكن التحكم في تصليحها وتركيبها وتكون نهاية الحنفية بحيث يمكن تركيب خرطوم أو أكثر على نفس الحنفية . وتوجد بعض المناطق مركب بها حنفيات حريق بها مخرجين وثلاثة مخارج بحيث يمكن تشغيل خطين أو ثلاثة خطوط إطفاء من كل حنفية حسب عدد المخارج منها . وفتحة كل مخرج تكون عادة بقطر ٦٣ مم ، وتكون أقطار خراطيم الحريق بنفس القطر ، وطول كل خرطوم من ٢٠ إلى ٣٠ متر وتكون نهايات الخرطوم بحيث يمكن توصيلها بسهولة ، ليمكن الوصول إلى النيران البعيدة نسبياً ، ولكن يفضل ألا يزيد كل خط إطفاء عن ١٢٠ متر لعدم زيادة الفاقد في

هذه الخطوط زيادة تؤثر على الضغط المطلوب لعملية الإطفاء .

وفي سبيل ذلك تكون المسافات بين حنفيات الحريق مناسبة وتتراوح بين ٦٠ إلى ٩٠ متر حسب أهمية المنطقة وكثافة السكان وطبيعة المباني فالمناطق الصناعية والتجارية لها أهمية خاصة ، وغالباً تكون للمنشآت من هذا النوع نظم إطفاء خاصة بها تتكون من وسائل متعددة للإطفاء .

وتكون مواسير شبكة توزيع المياه التي تتفرع منها فرعات الحريق بأقطار لا تقل عن ١٥٠ مم ، وتوضع حنفيات الحريق ، فى غرف خاصة تحت منسوب الأرصفة ، أو تعلق على الحوائط ، وتحدد أماكن الحنفيات في البداية عند تقاطع الشوارع ، ثم تحدد أماكن الحنفيات بعد ذلك حسب المسافات المطلوبة والمناسبة بينهما .

صيانة شبكة التوزيع :

أ ــ حنفيات الحريق :

١ ــ يكون مرفق المياه عادة مسئولاً عن صيانة حنفيات الحريق وتساعد هيئة الإطفاء فى فحصها .

٢ ــ يجب منع استخدام حنفيات الحريق فى رش وغسيل الشوارع .

٣ ــ يجب فحص وصيانة الحنفيات بعد عملية الإطفاء .

٤ ــ يجب أن تكون قطع الغيار متوفرة وحاضرة حتى لا يكون هناك أى احتمال لعرقلة تشغيلها .

٥ ــ يجب أن تكون الصيانة الدورية كل سنة على الأقل .

ب ــ المحابس :

١ ــ تشمل الصيانة الدورية ، التحقق من مواقع المحابس ، وفحص حالة غرف المحابس ، وغلق وفتح المحابس بسهولة .

٢ ــ تكون الصيانة الدورية لمحابس الخطوط الرئيسية فى شبكة توزيع المياه ،

تكون كل عام ، وبالنسبة لصمامات الخطوط الفرعية يمكن أن تكون الصيانة كل فترة (١ ـــ ٢) عاماً اعتماداً على طبيعة المنطقة وخطوط المياه .

مثال :

إحسب بطريقة القطاعات ، ثم راجع بطريقة الدائرة الأقطار الفعلية لخطوط توزيع المياه في الرسم المبين بشكل (٣١) ثم بين محابس القفل وصمامات الحريق على مساحة مناسبة من شبكة التوزيع وذلك في حالة تصرف متوسط يساوي ٦٠٠ لتر / ث ، على أساس أن التعداد الذي يخدمه المشروع ٢٥٠,٠٠٠ نسمة .

الحل :

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ √٢٥٠ = ٥٠,٣ م ^٣^ / دقيقة .

= ٨٣٨ لتر / ثانية

التصرف المتوسط = ٦٠٠ لتر / ث

ولحساب التصرف التصميمى لشبكة التوزيع نجد أن : ـــ

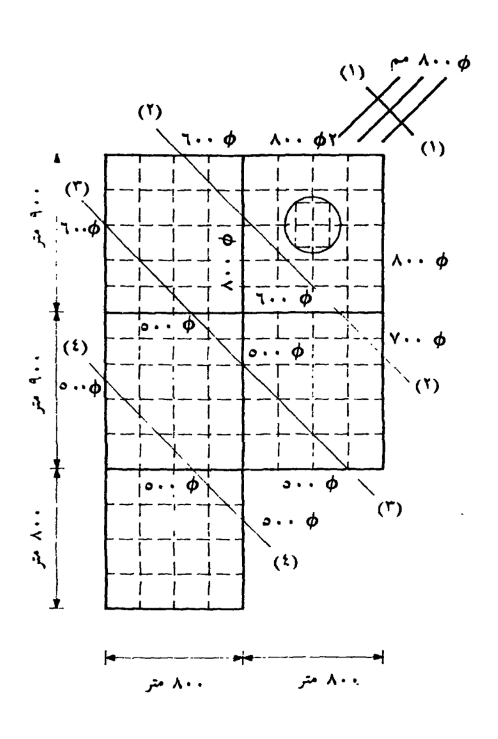
أ ـــ تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٨٣٨ + ٦٠٠ = ١٤٣٨ لتر / ثانية

ب ـــ ٢,٥٠ من التصرف المتوسط = ٢,٥ × ٦٠٠ = ١٥٠٠ لتر / ثانية

∴ التصرف التصميمى هو الأكبر ويساوى ١٥٠٠ لتر / ثانية .

ويمكن استخدام معادلة هازن ممثلة فى العلاقة البيانية شكل (٣٠) أو الجداول التصميمية (جدول ٩) وذلك بفرض الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك ٢ فى الألف . ومن شكل (٣١) نجد أن قطاع ١ ـــ ١ فى مدخل المدينة يمر به ٣ خطوط ، يحمل كل خط تصرفاً يساوى (١٥٠٠ ÷ ٣) = ٥٠٠ لتر / ث ومن جدول ٩ نجد أن الماسورة بقطر ٨٠٠ مم وميل ٢ فى الألف تحمل تصرفاً يساوى ٥٤٣ لتر / ث

∴ القطاع الأول يحتوى على ٣ خطوط بقطر ٨٠٠ مم .



شكـــل (٣١)

طريقة القطاعات

وتعتمد طريقة القطاعات على افتراض عدة قطاعات عمودية على محصلة الاتجاه العام لسير المياه في شبكة التوزيع . والرسم يوضح أربعة قطاعات أولها للمواسير الرئيسية التي تحمل المياه من محطة التنقية إلى المدينة والتي سبق تصميمها . أما القطاعات الأخرى فتعتمد على فرض أقطار للمواسير التي يمر بها القطاع ، ثم يصير حساب التصرفات التي تحملها هذه المواسير ، وتقارن بالتصرف المطلوب خلف القطاع ، فالقطاع (٢ ــ ٢) مثلاً يقع بعد ١٨ ٪ من مساحة المدينة وبفرض أن كثافة السكان ومعدلات استهلاك المياه ثابتة في المدينة فإن التصرف المطلوب خلف القطاع يساوي ٨٢ ٪ من تصرف المدينة . وهذا التصرف يجب أن يمر في المواسير التي يقطعها الخط (٢ ــ ٢) .

ولحساب التصرف التصميمي لهذا القطاع نتبع نفس الطريقة في حساب التصرف التصميمي للمدينة كلها ، فمثلاً :

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ $\sqrt{ع}$ ، حيث ع = تعداد المدينة بالألف

خلف القطاع (٢ ــ ٢) ويساوى ٠,٨٢ × ٢٥٠ = ٢٠٥ ألف نسمة .

∴ تصرف الحريق = ٣,١٨٢ $\sqrt{٢٠٥}$ = ٤٥,٥٦ م^٣/دقيقة = ٧٥٩ لتر/ث

التصرف المتوسط لمساحة المدينة خلف القطاع = ٠,٨٢ × ٦٠٠ = ٤٩٢ لتر/ث

التصرف التصميمي للقطاع (٢ ــ ٢) يساوى القيمة الأكبر من : ــ

أ ــ تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٧٥٩ + ٤٩٢ = ١٢٥١ لتر/ث

ب ــ ٢,٥ من التصرف المتوسط = ٢,٥ × ٤٩٢ = ١٢٣٠ لتر / ث

∴ التصرف التصميمي = ١٢٥١ لتر / ث .

وبفرض جميع المواسير الفرعية بقطر ١٥٠ مم ، وفرض أقطار المواسير الرئيسية كما هي مبينة عند القطاع (٢ ــ ٢) نجد أن المواسير عند هذا القطاع وما تحمله من تصرفات على أساس ميل خط الضغط الهيدروليكي ٢ في الألف هي :

١ ماسورة قطر ٨٠٠ مم تحمل تصرفاً يساوى ٥٤٣ لتر / ث .

١ ماسورة قطر ٧٠٠ مم تحمل تصرفاً يساوى ٣٨١ لتر / ث .

٢ ماسورة قطر ٦٠٠ مم تحمل تصرفاً يساوى ٢٥٢ × ٢ = ٥٠٤ لتر / ث .

٩ ماسورة قطر ١٥٠ مم تحمل تصرفاً يساوى ٦,٥ × ٩ = ٥٨ لتر / ث .

المجموع = ١٤٦٨ لتر / ث ، وهذا معناه أن خطوط المواسير التى يمر بها القطاع تحمل تصرفاً أكبر من التصرف المطلوب . ويمكن إستبدال الخط الرأسى بقطر ٧٠٠ مم بآخر بقطر ٥٠٠ مم فيصبح مجموع تصرف الخطوط التى يمر بها القطاع ١٢٦٢ لتر / ث وهذا التصرف يقارب التصرف التصميمى (١٢٥١ لتر / ث) . وعموماً يمكن إهمال الفرق بالزيادة أو النقص فى حدود (٥ — ١٠) ٪ بدون تأثير يذكر على تشغيل شبكة التوزيع .

قطاع (٣ — ٣) :

يقع هذا القطاع بعد ٥٣,٤ ٪ من مساحة المدينة ،

∴ المساحة خلف القطاع = ٤٦,٦ ٪ من مساحة المدينة .

التصرف المتوسط لهذه المساحة = ٠,٤٦٦ × ٦٠٠ = ٢٨٠ لتر / ث.

التعداد خلف القطاع = ٠,٤٦٦ × ٢٥٠٠٠٠ = ١١٦٥٠٠

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ $\sqrt{١١٦,٥}$ = ٣٤,٣٤ م^{٣} / دقيقة

= ٥٧٢ لتر / ث .

أ — تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٥٧٢ + ٢٨٠ = ٨٥٢ لتر / ث

ب — ٢,٥ × التصرف المتوسط = ٢,٥ × ٢٨٠ = ٧٠٠ لتر / ث

∴ التصرف التصميمى = ٨٥٢ لتر / ث .

يمكن فرض أقطار المواسير التى يمر بها القطاع كالآتى : —

١ ماسورة قطر ٦٠٠ مم وتحمل ٢٥٢ لتر / ث .

٣ ماسورة قطر ٥٠٠ مم وتحمل ١٥٧ × ٣ = ٤٧١ لتر / ث .

١٢ ماسورة ١٥٠ مم تحمل ٦,٥ × ١٢ = ٧٨ لتر / ث

المجمـــــوع = ٨٠١ لتر / ث

وهذا التصرف أقل من التصرف المطلوب بحوالى ٦ ٪ وهذه النسبة مسموح بها ويمكن إهمال هذا الفرق أو إستبدال ماسورة قطر ٥٠٠ مم بأخرى بقطر ٦٠٠ مم ، وفى هذه الحالة يكون مجموع التصرفات المارة بالقطاع = ٨٩٦ لتر / ث بزيادة قدرها ٤٤ لتر / ث عن التصرف المطلوب وبنسبة زيادة = ٥ ٪ .

قطاع [٤ ـــ ٤] :

يقع هذا القطاع بعد ٧٨,٣ ٪ من مساحة المدينة ،

∴ المساحة خلف القطاع = ٢١,٧ ٪ من مساحة المدينة

التصرف المتوسط لهذه المساحة = ٠,٢١٧ × ٦٠٠ = ١٣٠ لتر / ث

التعداد خلف القطاع = ٠,٢١٧ × ٢٥٠٠٠٠ = ٥٤٢٥٠

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ $\sqrt{٥٤,٢٥}$ = ٢٣,٤٤ م^{٣}/دقيقة = ٣٩١ لتر/ث

أ ـــ تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ١٣٠ + ٣٩١ = ٥٢١ لتر/ث

ب ـــ ٢,٥ × التصرف المتوسط = ٢,٥ × ١٣٠ = ٣٢٥ لتر/ث

∴ التصرف التصميمى = ٥٢١ لتر/ث

يمكن فرض المواسير التى يمر بها القطاع كالآتى : ـــ

٣ ماسورة قطر ٥٠٠ مم تحمل ١٥٧ × ٣ = ٤٧١ لتر/ث

٦ ماسورة قطر ١٥٠ مم تحمل ٦,٥ × ٦ = ٣٩ لتر/ث

المجمـــــوع = ٥١٠ لتر/ث

وهذا التصرف أقل من التصرف التصميمى بنسبة صغيرة جدا حوالى ٢ ٪ يمكن إهمالها .

سادساً : طريقة الدائرة :

تستخدم لمراجعة أقطار المواسير الفرعية ، على أساس إهمال

الاستهلاك المنزلي ومراجعة تصرفات الحريق فقط ، وشكل (٣١) يبين اختيار مساحة مربعة تحدها مواسير رئيسية ، وأبعادها ٩٠٠ × ٨٠٠ متر ، ويبين الشكل دائرة نصف قطرها ١٢٠ متر ، وبفرض تصرف مقاومة الحريق المطلوب لهذه المساحة ٢٢,٧٥ م٣ / دقيقة = ٣٧٩ لتر / ث .

وحيث أن عدد المواسير الفرعية التي تقطعها الدائرة والتي تستخدم في إطفاء الحريق المحتمل في مركز الدائرة هو أربعة مواسير ، فتكون كل ماسورة تحمل تصرفاً = ٩٥ لتر / ث .

وبفرض قطر الماسورة الفرعية ١٥٠ مم وهو أقل قطر مسموح به لتغذية حنفيات الحريق ، وباستخدام جدول (٩) أو شكل (٣٠) نجد أن الفاقد فى الضغط نتيجة الإحتكاك = ٠,٢٨ .

وعلى أساس أن طول الخطوط الفرعية من الخطوط الرئيسية إلى محيط الدائرة تساوى ٢٨٠ متر

∴ الفاقد فى الضغط فى الخط الفرعى = ٢٨٠ × ٠,٢٨ = ٧٨ متر

وعلى فرض أن الضغط فى خطوط الرئيسية لا يقل عن ٢٨ متر ، والضغط فى الخطوط الفرعية لا يقل عن ١٤ متر ، يكون أقل فاقد فى الضغط فى الخطوط الفرعية بين الخطوط الرئيسية ومحيط الدائرة يجب ألا يزيد عن ١٤ متر . ولذلك يجب : إما زيادة عدد الخطوط الفرعية أو زيادة أقطارها . فبالنسبة للفرض الأول مثلاً فى حالة وجود الخطوط الفرعية كل ١٠٠ متر بقطر ١٥٠ مم فإن الدائرة تقتطع ١٢ خطاً يحمل كل خط تصرفاً يساوى ٣١,٦ لتر / ث

∴ الفاقد فى الضغط = ٣٧ فى الألف

∴ الفاقد فى الخطوط الفرعية = ٠,٠٣٧ × ٢٨٠ = ١٠,٣٦ متر

∴ الضغط فى الخطوط الفرعية عند محيط الدائرة = ٢٨ − ١٠,٣٦ = ١٧,٦٤ متر

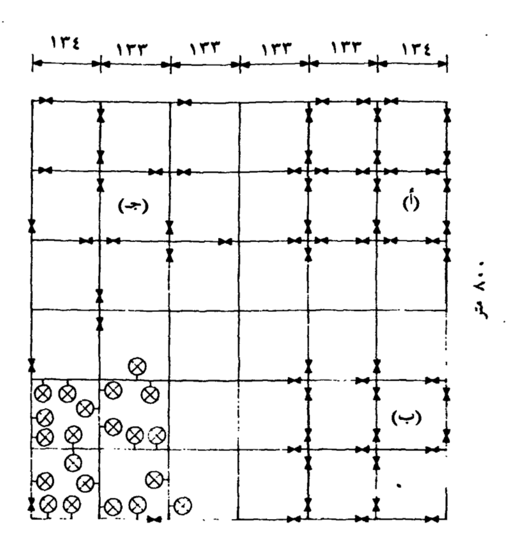
وهذا الضغط أكبر من ١٤ متر ، ويتمشى مع أسس التصميم .

وفى حالة زيادة قطر الخطوط الفرعية والإبقاء على عددها وهو ٤ خطوط ، يمكن إختيار القطر الذى يستوعب تصرفاً يساوى ٩٥ لتر / ث عند فاقد فى الضغط نتيجة للاحتكاك لا يزيد عن (١٤ ÷ ٢٨٠) أى ٠,٠٥ وهذا القطر حوالى ٢٢٥مم .

ويبين شكل (٣٢) الطرق المختلفة لوضع محابس القفل وحنفيات الحريق ، فالمنطقة (أ) من الشكل تبين وضع محابس القفل على جميع تفريعات التقاطع بحيث يمكن قفل محبسين فقط لمنع المياه عن خط من الخطوط وهذه الطريقة رغم أنها أفضل الطرق فى التحكم فى قفل خطوط التوزيع إلا أنها مكلفة لاحتياجها إلى عدد كبير من المحابس . والمنطقة (ب) تبين وضع المحابس عند التقاطعات بعدد أقل بواحد من عدد تفريعات التقاطع وهي تحتاج عدد أقل من المحابس ولكن تحتاج إلى قفل أكثر من محبسين أحياناً ويمكن أن تتأثر بعض الخطوط الأخرى من إمداد المياه في حالة قفل المحابس المطلوبة .

والمنطقة (ج) تبين نظام لوضع المحابس أقل كثيراً في التكاليف لأنه يحتاج إلى محبسين فقط عند كل تقاطع إلا أنه يحتاج إلى قفل أربعة محابس للتحكم في كل خط .

والمنطقة (د) تبين حنفيات الحريق ، وتوضع أولاً عند التقاطعات ، وحيث أن المسافة بين كل تقاطعين حوالي ١٣٣ متر والمسافة المفضلة بين حنفيات الحريق ٦٠ ـــ ٩٠ متر ، فالأنسب وضع حنفية في المنتصف بين التقاطعات . وتوضع حنفية الحريق في غرفة تحت سطح الأرض بغطاء يسهل رفعه ، أو تثبت فوق سطح الأرض أو على حوائط المباني والمنشأت .



شكل (٣٢)

المناطق أ ، ب ، جـ ، مبين بها نظم محابس القفل

المنطقة د ، مبين بها نظام حنفيات الحريق

سابعاً :

طريقة : هاردى كروس Hardy Cross

تستخدم هذه الطريقة فى التصميمات التى تحتاج دقة فى العمليات الحسابية ، حيث أن طريقة القطاعات تقريبية لحد ما ، وأحياناً تستخدم طريقة القطاعات فى الحسابات التمهيدية قبل استخدام طريقة هاردى كروس .

ويعتمد استخدام هذه الطريقة على الآتى : ـــ

بالنسبة لماسورة بقطر معين ومعامل خشونة أو إحتكاك معين ؛ يمكن وضع معادله هازن فى صورة :

$$Q = KS^{0.54}$$

وبوضع الفاقد فى الضغط h بدلاً من ميل خط الضغط الهيدروليكى S

$$\therefore Q = Kh^{0.54}$$

$$\therefore h = KQ^{1.85} \qquad \text{— ١}$$

ولاتزان مجموعة من خطوط المياه المقفلة فى شبكة توزيع المياه يمكن تحديد التصرف الفعلى فيها بإضافة قيمة تصحيحية q إلى التصرف الإفتراضى Q_1

$$\therefore Q = Q_1 + q \qquad \text{— ٢}$$

$$\therefore h = KQ^{1.85} = K(Q_1 + q)^{1.85}$$

$$= K(Q_1^{1.85} + 1.85\, Q_1^{0.85} . q + ...) \qquad \text{— ٣}$$

وعلى أساس أن مجموع الفاقد فى الضغط يساوى صفر خلال الدائرة المقفلة للتصرف المتوازن ؛

$$\therefore \sum h_L = \sum KQ^{1.85}$$

$$= \sum KQ_1^{1.85} + \sum 1.85\, Q_1^{0.85} . q = 0 \qquad \text{— ٤}$$

$$\therefore q = -\frac{\sum h_L}{1.85 \sum \left(\frac{h_L}{Q}\right)} \qquad \text{— ٥}$$

ويمكن إستخدام هذه الطريقة باتباع الخطوات الآتية : ـــ

أ ـــ نفرض أى توزيع لمعدل التصرف واتجاهاته فى دوائر شبكة التوزيع ،

بحيث يكون التصرف الداخل إلى نقطة تلاقى عدة خطوط مساوياً للتصرف الخارج منها .

ب ــ نحسب الفاقد فى الضغط فى كل خط من الخطوط حسابياً أو بيانياً باستخدام جدول (٩) أو شكل (٣٠) وذلك لدائرة من دوائر شبكة التوزيع ، للتصرف المفروض فى الخطوة السابقة .

جـ ــ نحسب مجموع الفاقد فى الضغط $(h_L \div Q)$ بدون اعتبار للإشارات .

د ــ نحسب قيمة التعديل فى التصرف باستخدام المعادلة (٥) ونصحح بهذه القيمة كل من التصرفات المفروضة .

هـ ــ نطبق الخطوات السابقة فى كل دائرة من شبكة التوزيع ، ثم نعيد تصحيح الدوائر الأولى كلما تبين من تتابع العمليات الحسابية ، حتى نصل إلى نتيجة نهائية صحيحة لا يتعدى فيها الخطأ فى قراءة المخطط البيانى ١٠ ٪ .

مثال :

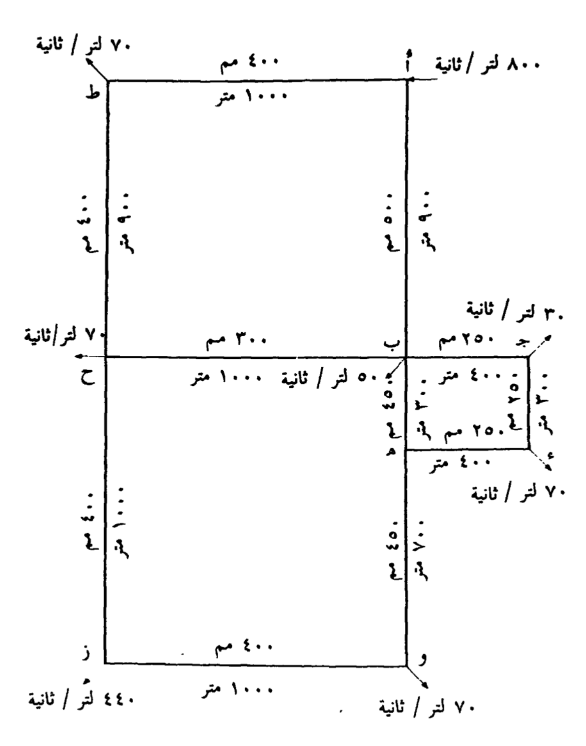
باستخدام طريقة هاردى كروس إحسب معدلات التصرف فى خطوط شبكة المياه المبينة فى الشكل .

الحل :

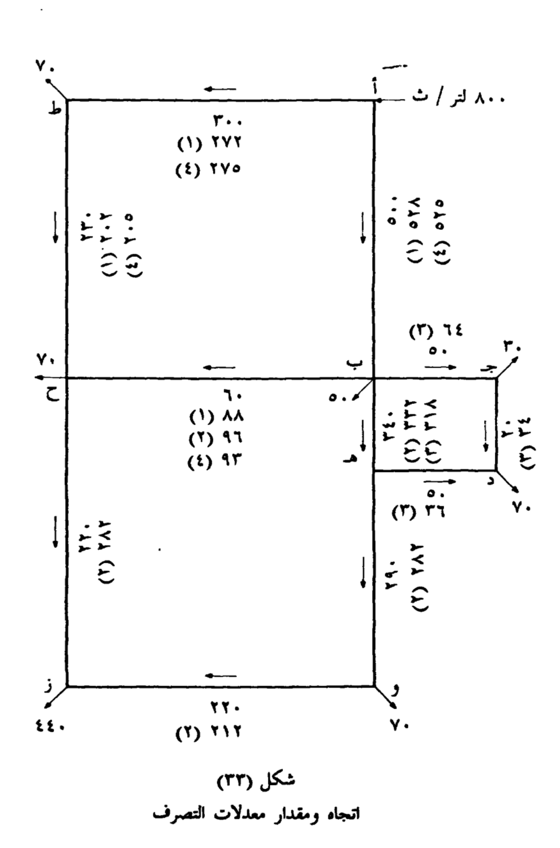
نفرض قيمة واتجاه التصرفات فى جميع خطوط الشبكة كما هو موضح بشكل (٣٣) . ونبدأ بإجراء العمليات الحسابية باتباع الخطوات التى سبق شرحها .

ونبدأ المحاولة الأولى فى الدائرة العلوية أ ب ح ط أ . ويبين الجدول الآتى كيفية إجراء العمليات الحسابية وخطواتها ، بالإستعانة بجدول (٩) وشكل (٣٠) واعتبار أن معامل الاحتكاك فى معادلة هازن = ١٠٠ .

العامود الأول فى الجدول يبين خطوط المواسير فى اتجاه معين لدائرة من



دوائر الشبكة . والعامود الثانى يبين القطر ، والعامود الثالث يبين طول كل خط ، والعامود الرابع يبين التصرف المفروض . وتكون التصرفات موجبة إذا كانت فى إتجاه عقرب الساعة ، وسالبة إذا كانت عكس اتجاه عقرب الساعة . والعامود



شكل (٣٣)

اتجاه ومقدار معدلات التصرف

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
خطوط المواسير	القطر مم	الطول م	Q التصرف المفروض لتر/ث	الفاقد في الضغط م/١٠٠٠م	h مجموع الفاقد في الضغط م	$\frac{h}{Q}$
ب هـ	٤٥٠	٣٠٠	+٣٤٠	+١٤	+٤,٢	٠,٠١٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	+٢٩٠	+١٠,٧	+٧,٥	٠,٠٢٦
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	+٢٢٠	+١١,٢	+١١,٢	٠,٠٥١
ز ح	٤٠٠	١٠٠٠	−٢٢٠	−١١,٢	−١١,٢	٠,٠٥١
ح ب	٣٠٠	١٠٠٠	−٨٨	−٨,٢	−٨,٢	٠,٠٩٣
المجموع					+٣,٥	٠,٢٣٣

$$q = - \frac{٣,٥}{١,٨٥\ (٠,٢٣٣)} = - ٨ \text{ لتر/ث .}$$

تطرح هذه القيمة من التصرفات التى تسير فى اتجاه دوران عقرب الساعة ، وتضاف للتصرفات فى عكس هذا الاتجاه .

المحاولة الثالثة لتصحيح الدائرة الجانبية ب جـ د هـ ب .

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
خطوط المواسير	القطر مم	الطول م	Q التصرف المفروض لتر/ث	الفاقد في الضغط م/١٠٠٠ م	h مجموع الفاقد في الضغط م	$\frac{h}{Q}$
ب جـ	٢٥٠	٤٠٠	+٥٠	+٧	+٢,٨	٠,٠٥٦
جـ د	٢٥٠	٣٠٠	+٢٠	+١,٣	+٠,٣٩	٠,٠٢٠
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	−٥٠	−٧	−٢,٨	٠,٠٥٦
هـ ب	٤٥٠	٣٠٠	−٣٣٢	−١٣,٦	−٤,١	٠,٠١٢
المجموع					−٣,٧١	٠,١٤٤

الخامس يبين الفاقد فى الضغط ، ويمكن استنتاجه باستخدام جدول (٩) أو شكل (٣٠) ، بمعرفة التصرف والقطر . ويبين العامود السادس الفاقد الكلى فى الضغط وهو عبارة عن حاصل ضرب العامودين الثالث والخامس مقسوماً على ١٠٠٠ .

١ خطوط المواسير	٢ القطر مم	٣ الطول م	٤ Q التصرف المفروض لتر/ث	٥ الفاقد فى الضغط م/١٠٠٠م	٦ h مجموع الفاقد فى الضغط م	٧ $\frac{h}{Q}$
أ ب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٠٠	+ ١٧	+ ١٥,٣	٠,٠٣١
ب ح	٣٠٠	١٠٠٠	+ ٦٠	+ ٤	+ ٤	٠,٠٦٧
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	− ٣٠٠	− ٢٠	− ١٨	٠,٠٦٠
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	− ٢٣٠	− ١٢	− ١٢	٠,٠٥٢
المجموع					− ١٠,٧	٠,٢١٠

$$\therefore q = - \frac{-١٠,٧}{١,٨٥\ (٠,٢١)} = ٢٨ \text{ لتر/ث .}$$

تضاف هذه القيمة للتصرفات التى تسير فى اتجاه دوران عقرب الساعة ، وتطرح من التصرفات التى تسير فى عكس هذا الاتجاه .

الخطوة التالية فى المحاولة رقم (٢) فى الدائرة السفلية ب هـ وح حـ ب .

$$q = - \frac{-٣,٧١}{١,٨٥\ (٠,١٤٤)} = ١٤ \text{ لتر/ث .}$$

تضاف هذه القيمة إلى التصرفات التى تسير فى اتجاه دوران عقرب الساعة ، وتطرح فى عكس هذا الاتجاه .

المحاولة الرابعة لمراجعة الدائرة العلوية أ ب ح ط أ .

١ خطوط المواسير	٢ القطر مم	٣ الطول م	٤ Q التصرف المفروض لتر/ث	٥ الفاقد فى الضغط م/١٠٠٠م	٦ h مجموع الفاقد فى الضغط م	٧ $\frac{h}{Q}$
أ ب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٢٨	+ ١٨,٧	+ ١٦,٨	٠,٠٣٢
ب ح	٣٠٠	١٠٠٠	+ ٩٦	+ ٩,٦	+ ٩,٦	٠,١٠٠
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	− ٢٠٢	− ٩,٥	− ٨,٦	٠,٠٤٢
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	− ٢٧٢	− ١٦,٥	− ١٦,٥	٠,٠٦١
المجموع					+ ١,٣	٠,٢٣٥

$$q = - \frac{١,٣}{١,٨٥\ (٠,٢٣٥)} = -٣ \text{ لتر/ث .}$$

تطرح هذه القيمة من التصرفات التى تسير فى اتجاه دوران عقرب الساعة ، وتضاف فى عكس هذا الاتجاه .

المحاولة الخامسة لتصحيح الدائرة السفلية ب هـ و ز ح ب .

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
خطوط المواسير	القطر مم	الطول م	Q التصرف المفروض لتر/ث	الفاقد فى الضغط م/١٠٠٠م	h مجموع الفاقد فى الضغط م	$\frac{h}{Q}$
ب هـ	٤٥٠	٣٠٠	٣١٨ +	١٢,٦ +	٣,٧٨ +	٠,٠١٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	٢٨٢ +	١٠ +	٧ +	٠,٠٢٥
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	٢١٢ +	١٠,٥ +	١٠,٥ +	٠,٠٤٩
ز ح	٤٠٠	١٠٠٠	٢٢٨ -	١٢ -	١٢ -	٠,٠٥٣
ح ب	٣٠٠	١٠٠٠	٩٣ -	٩ -	١٩ -	٠,٠٩٧
المجموع					+٠,٢٨	٠,٢٣٦

$$q = - \frac{٠,٢٨}{١,٨٥\ (٠,٢٣٦)} = - ٠,٦$$ لتر/ث .

وهذا التصرف ضئيل ، ويمكن إهماله ، واعتبار أن الدائرة السفلية صحيحة .

المحاولة السادسة لتصحيح الدائرة الجانبية ب جـ د هـ ب .

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
خطوط المواسير	القطر مم	الطول م	Q التصرف المفروض لتر/ث	الفاقد فى الضغط م/١٠٠٠م	h مجموع الفاقد فى الضغط م	$\frac{h}{Q}$
ب جـ	٢٥٠	٤٠٠	٦٤ +	١١ +	٤,٤٠ +	٠,٠٦٩
جـ د	٢٥٠	٣٠٠	٣٤ +	٣,٥٠ +	١,٠٥ +	٠,٠٣١
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	٣٦ -	٣,٧٥ -	١,٥٠ -	٠,٠٤٢
هـ ب	٤٥٠	٣٠٠	٣١٨ -	١٢,٦ -	٣,٧٨ -	٠,٠١٢
المجموع					٠,١٧ +	٠,١٥٤

$$q = - \frac{٠,١٧}{١,٨٥\ (٠,١٥٤)} = - ٠,٦٠$$ لتر/ث .

وهذا التصرف ضئيل ويمكن إهماله واعتبار أن هذه الدائرة صحيحة .

ويكفى تصحيح الدوائر الثلاث بالنتائج التى وصلنا إليها ، ويمكن إستكمالاً للمراجعة ، اعتبار الدوائر الثلاث مرة واحدة وهى أ ب جـ د هـ و ز ح ط أ :

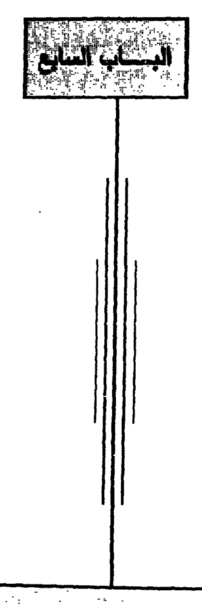
١ خطوط المواسير	٢ القطر مم	٣ الطول م	٤ Q التصرف المفروض لتر/ث	٥ الفاقد فى الضغط م/١٠٠٠ م	٦ h مجموع الفاقد فى الضغط م	٧ $\frac{h}{Q}$
أ ب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٢٥	+ ١٨,٥	+ ١٦,٦٠	٠,٠٣٢
ب جـ	٢٥٠	٤٠٠	+ ٦٤	+ ١١	+ ٤,٤٠	٠,٠٦٩
جـ د	٢٥٠	٣٠٠	+ ٣٤	+ ٣,٥	+ ١,٠٥	٠,٠٣١
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	− ٣٦	− ٣,٧٥	− ١,٥٠	٠,٠٤٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	+ ٢٨٢	+ ١٠	+ ٧	٠,٠٢٥
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	+ ٢١٢	+ ١٠,٥	+ ١٠,٥	٠,٠٤٩
ز ح	٤٠٠	١٠٠٠	− ٢٢٨	− ١٢	− ١٢	٠,٠٥٣
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	− ٢٠٥	− ٩,٨	− ٨,٨	٠,٠٤٣
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	− ٢٧٥	− ١٥	− ١٦,٨	٠,٠٦١
المجموع					+ ٠,٤٥	٠,٤٠٥

$$\therefore q = - \frac{٠,٤٥}{١,٨٥\ (٠,٤٠٥)} = - ٠,٦٠ \text{ لتر/ث .}$$

وهذا التصرف ضئيل ، ويمكن إهماله ، واعتبار أن دوائر التغذية صحيحة .



الباب السابع



المواسير المستخدمة فى أعمال الهندسة الصحية

الباب السابع

المواسير المستخدمة فى أعمال الهندسة الصحية

تستخدم أنواع عديدة من هذه المواسير ، ولنفس النوع توجد درجات مختلفة لمدى تحملها للضغوط الداخلية أحياناً ، وتحدد المواصفات الفنية لكل نوع مجالات استخداماته وأوزانه وأبعاده المختلفة ، وطريقة لحاماته وتثبيته وتوصيله وحمايته .

ويراعى دائماً في اختيار نوع المواسير ، الغرض الأساسي سواء كان في أعمال التغذية بالمياه أو الصرف ومدى تحمل أو مقاومة المواد المصنوع منها المواسير لمكونات المياه ، لأن هذا له دلالات كثيرة وخطيرة في عمر هذه المواسير والآثار المترتبة على تآكل جدار المواسير وضعف وصلاتها .

وتصنع المواسير من مواد كثيرة منها : الفخار ، والخرسانة ، والرصاص ، والحديد ، والنحاس ، والصلب ، والبلاستك ، والأسبستوس ، والألياف الزجاجية وغيرها .

وتكون مواد صناعة بعضا من المواسير عبارة عن خليط معدنى أو خليط من مواد معدنية وغير معدنية مثل الكربون والفوسفور ، ليصبح هذا الخليط ذو خصائص معينة تتوافق مع الغرض من استخدام المواسير ، وتُكسب نوعية المواسير خصائص معينة مثل المتانة والصلابة والمرونة ومقاومة الصدأ .

فمثلاً يتكون النحاس الأصفر بإضافة الزنك إلى عنصر النحاس ، ويتكون الصلب بإضافة الكربون إلى الحديد ، وهكذا .

العمر الافتراضى للمواسير :

يمكن تعريف العمر الافتراضى على أنه الفترة الزمنية التى يمكن تشغيل خطوط

المواسير خلالها بدون ظهور تلف أو انهيار يؤثر على وظيفة هذه الخطوط . وعادة تمثل تكاليف الحفر ، وتركيب المواسير ، وردم الخنادق وإعادة رصف الشوارع ، تمثل نسبة كبيرة من التكاليف الإنشائية لخطوط المواسير ، ولذلك فالعمر الافتراضى للمواسير له أهمية أساسية في إختيار نوعية المواسير حتى لا تتكرر عملية تكسير رصف الشوارع وحفر الخنادق وردمها وإعادة الرصف على فترات زمنية متقاربة .

العوامل المؤثرة فى إختيار نوعية المواسير :

١ ــ مكونات ونوعية المياه أو السائل المار فى خطوط المواسير .

٢ ــ تحمل المواسير للضغوط الداخلية فى حالة الخطوط المعرضة لضغط داخلى مثل شبكات توزيع المياه والمواسير الصاعدة الخارجة من محطات رفع المخلفات السائلة .

٣ ــ تحمل المواسير للضغوط الخارجية الناتجة عادة من عمق الردم فوق المواسير ومن حركة النقل الثقيل بالشوارع .

٤ ــ ثمن المتر الطولى من المواسير .

٥ ــ طرق تشغيل المواسير وتوصيلها ولحامها بحيث تكون الوصلات محكمة تماماً .

٦ ــ مدى مقاومة مادة الماسورة للصدأ والتآكل .

٧ ــ مدى مرونة استخدام نوعية مادة الماسورة مع الأنواع الأخرى .

٨ ــ معامل التمدد والإنكماش .

مواسير الصلب :ــ

تصنع المواسير أساساً من الحديد مضافاً إليه نسبة ضئيلة من الكربون ، وتختلف درجة صلابة المواسير حسب مقدار هذه النسبة . وقد حددت بعض المواصفات ثلاثة أنواع لمواسير الصلب كالآتى :ــ

أ ــ صلب عالى الكربون ويحتوى على كربون بنسبة (٠,٥٠ ــ ١,٤٠) ٪ .

ب ــ صلب متوسط الكربون ويحتوي على كربون بنسبة (٠,٢٥ ــ ٠,٥٠) ٪ .

جـ ــ صلب منخفض الكربون ويحتوى على كربون بنسبة (٠,١٥ ــ ٠,٢٥) ٪ .

وقد حددت المواصفات البريطانية ثلاثة درجات بالنسبة للصلب الطرى (منخفض الكربون) على أساس سمك جدار الماسورة وذلك للتوصيلات الصحية الداخلية بأقطار ٢٥ ، ٥٠ ، ١٠٠ مم حسب الآتى : ــ

درجة أ :

يكون سمك جدار الماسورة ٢,٦٥ مم ، ٢,٩ سم ، ٣,٦٥ مم،وذلك للأقطار ٢٥ ، ٥٠ ، ١٠٠ مم على التوالي .

درجة ب :

يكون سمك جدار الماسورة : ٣,٢٥ مم ، ٣,٦٥ مم ، ٤,٥ مم ، وذلك لنفس الأقطار السابقة .

درجة جـ :

يكون سمك جدار الماسورة : ٤,٠٥ مم ، ٤,٥٠ مم ، ٥,٤ مم ،وذلك للأقطار السابقة .

ويعتمد اختيار درجة الماسورة عادة على الضغط الداخلى الذى تتعرض له الماسورة . وتوجد المواسير بدرجاتها الثلاث كمواسير حديد صلب أسود أو حديد صلب مجلفن بالزنك . وتتوافر هذه المواسير بأطوال فى حدود ٦ متر .

وتصنع مواسير الصلب بإحدى طرق اللحام أو بدون لحام . والمواسير المصنوعة بدون لحام أقوى وأشد صلابة ولكن طرق اللحام الحديثة تجعل المواسير الملحومة فى نفس المستوى تقريباً .

وصلات مواسير الصلب :ـ

يتم توصيل مواسير الصلب المجلفنة المستخدمة بأقطار صغيرة داخل المبانى بالوصلات اللولبية (المقلوظة) . وتستخدم طريقة اللحام لوصلات الحديد الأسود ، ويراعى عدم استخدام اللحام فى وصلات الحديد المجلفن حيث أن الحرارة الناتجة من عملية اللحام تزيل مادة الطلاء الزنكية مما يعرض المواسير للصدأ . وتستخدم قطع خاصة للوصلات إما من حديد الزهر الأبيض المعالج ليصبح مرنا ، أو من الصلب ، وتكون بعض وصلات مواسير الصلب مشفهة وبعضها بطريقة اللحام .

وتستخدم مواسير الصلب عادة لخطوط المياه والصرف والأعمدة الرأسية داخل المبانى أحيانا ، وتكون عادة إما من الحديد الأسود أو الحديد المجلفن . ويفضل عدم استخدام مواسير الحديد الأسود للمياه الباردة أو الساخنة لتعرضها للصدأ والتآكل ، ويفضل استخدام الحديد المجلفن . وتستخدم مواسير الحديد الأسود لنقل الغاز مع حمايتها من الخارج بطلائها بمواد مانعة للصدأ .

وتكون القطع الخاصة الحديدية مصنوعة من الزهر ، أو الزهر المرن ، أو الحديد الطرى ، وتكون مطلية بطلاء أسود ، أو مجلفنة أو بدون أى طلاء .

وتوجد القطع الخاصة من الزهر بأقطار من ١,٢٥ بوصة وحتى ١٢ بوصة وتوجد قطع الحديد الطرى التى تستخدم فى فرعات المياه بأقطار حتى ٦ بوصة .

وتستخدم القطع الخاصة المصنوعة من حديد الزهر المرن فى التركيبات التى تتعرض لأحمال صدمية وميكانيكية وهيدروليكية . ولذلك تستخدم عادة في تركيبات أنظمة الإطفاء الأوتوماتيكية بالمرشات ، ويختلف حديد الزهر المرن عن الصلب في أن حديد الصلب لا يحتوي أي جرافيت (كربون أسود طري) .

ويجب توخى الحرص عند استعمال مواسير الحديد المجلفن وذلك بعمل التحليلات اللازمة للمياه للتأكد من أن مكونات المياه لا تذيب طبقة الزنك من جدار الماسورة .

مواسير الصلب المقاوم للصدأ stainless steel pipes

يحتوى الخليط المعدنى لهذه المواسير على الكروم والنيكل والمنجنيز والسيليكون والكربون والحديد بنسب صغيرة من الكبريت والفوسفور وتحدد المواصفات القياسية نسب هذه المواد فى الخليط المعدنى . ويعطى الكروم والنيكل الشكل اللامع لهذه المواسير كما أن أكسيد الكروم الذى يتكون بسرعة على سطح المواسير يمنعها من الصدأ . وتتوافر هذه المواسير عادة بأقطار من ربع بوصة حتى بوصة ونصف وبسمك فى حدود ٠,٧ مم . وللمواسير التى تكون أقطارها أقل من ١٥ مم ، يكون أطوالها حوالى ٣ متر للماسورة الواحدة . وللمواسير بأقطار (١٥ ــ ٣٥) مم تكون أطوال المواسير ٦ متر وتستخدم وصلات مواسير النحاس وقطعه الخاصة لهذا النوع من المواسير .

طلاء وتبطين المواسير :

يكون طلاء مواسير الصلب من الداخل بالبيتومين أو الإيبوكسى أو مونة الأسمنت والرمل ، ومن الخارج يستخدم البيتومين أو الإيبوكسى أو طبقة من الألياف الزجاجية . ويكون سمك الطلاء الداخلى حوالى ١,٦ مم للأقطار الصغيرة ، ويصل لأكثر من ٦,٤ مم للأقطار الكبيرة . ويكون التغليف الخارجى بسمك يصل لحوالى ٦,٤ مم لأقطار أكبر من ٢٥٠ مم .

وعند تبطين مواسير الصلب والزهر والزهر المرن بمونة الأسمنت والرمل ، تتم عملية الطلاء بواسطة القوة الطاردة المركزية بحيث تزيد سرعة دوران المواسير بدرجة كبيرة جدا بعد عملية التبطين مباشرة وذلك حتى تتماسك طبقة المونة وتكون مضغوطة تماماً ، وتطرد منها المياه الزائدة . وتتكون المونة المستخدمة

فى تبطين المواسير من الرمل والأسمنت البورتلندى أو الأسمنت المقاوم للكبريتات وذلك بنسبة (٢,٥ : ١) أو (٣ : ١) بالوزن .

وفيما يلى بعض المواصفات العامة لسمك المونة المستخدمة فى تبطين المواسير ؛ مع الأخذ فى الاعتبار مراجعة المواصفات الفنية لكل نوع من المواسير وطريقة الصناعة والتبطين ومنها يمكن التأكد من مدى تمشى طبقة الطلاء مع مواصفات المواسير : —

سمك بطانة المونة . مم

قطر الماسورة الداخلى : مم	مواسير الصلب	مواسير الزهر المرن
١٠٠ — ١٥٠	٦ — ٦,٤	١,٦ — ٤,٥٠
٢٠٠ — ٢٥٠	٦ — ١٠	١,٦ — ٤,٥٠
٣٠٠	٧ — ١٠	١,٦ — ٤,٥٠
٣٥٠ — ٥٥٠	٧ — ١٣	٢,٤ — ٤,٥٠
٦٠٠	٨,٥ — ١٣	٢,٤ — ٤,٥٠
٦٥٠ — ٩٠٠	٩ — ١٩	٣,٦ — ٥,٥٠
٩٠٠ — ١٢٠٠	١٢ — ١٩	٣,٦ — ٥,٥٠
أكبر من ١٢٠٠	١٢ — ٢٥	٤ — ٨

قلوظة (تسنين المواسير) :

تتم قلوظة أطراف المواسير بحيث تكون الزاوية بين سن القلوظة ٦٠ درجة ، وتكون رأس السن غير حادة تماماً .

وكما هو موضح بشكل (٣٤ ـ أ) ، تكون السبعة سنون الأولى كاملة وحادة في قاع السن وفي رأس السن ، ويتبعها رأسين أو ثلاثة من السن المفلطح عند الرأس الحاد عند القاع ، ثم يلي ذلك نفس العدد من السن الغير كامل عند الرأس والقاع لسهولة توصيل المواسير .

ويبين جدول (١١) المعايير التى يمكن الاسترشاد بها لتحديد عدد سن القلوظة ، وطول الأجزاء المسننة ، كما يبين شكل (٣٤ ــ ب) طريقة القلوظة بالسن المائل . وعند تسنين المواسير لإدخالها فى قطعة خاصة ، يمكن حساب عدد السن لتحديد طول الجزء المطلوب تسنينه أو تحديد طول هذا الجزء ووضع علامة معينة على نهاية الماسورة . ويراعى إختلاف هذه المعايير من دولة لأخرى .

مواسير الرصاص :

تتميز بنعومة سطحها الداخلي وليونتها ومقاومتها للأحماض ، وسهولة تشغليها وتركيبها ، ولكنها تتأثر بالمواد الآتية : ــ

أ ــ الأسمنت .

ب ــ الجير .

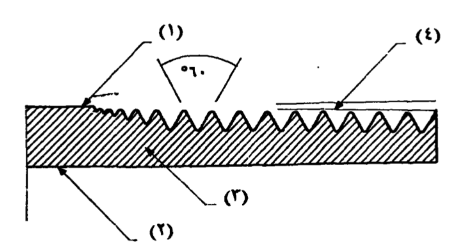
جـ ــ الطوب .

د ــ المياه اليسرة تذيب الرصاص وله تأثيره الخطير على الصحة العامة .

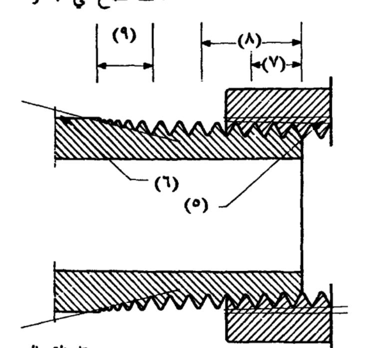
ولذلك يجب حمايتها وعزلها من هذه المواد وعدم استعمالها لحمل المياه اليسرة . كما يجب عمل الاحتياطات اللازمة لتمدد وانكماش هذه المواسير مع ارتفاع وانخفاض درجة حرارة المياه فيها .

ومن مزاياه إمكانية وسهولة استخدامه فى المبانى القديمة خاصة فى أعمال الصيانة والاستبدال . ويجب عدم استخدام هذا النوع للمياه اليسرة (soft) والتى تحتوى على ثانى أكسيد الكربون حيث تذيب هذه المياه الرصاص . وعموماً يفضل استبعاد مواسير الرصاص فى فرعات التغذية بالمياه . وبسبب خطورة الرصاص على الصحة العامة يفضل استخدام سبائك لحام من القصدير والفضة بدلاً من سبيكة القصدير والرصاص المستخدمة فى اللحام .

وتختلف مواسير الرصاص عن الأنواع الأخرى فى وزنها الثقيل وليونتها ، ولذلك فهى تحتاج إلى سَنَد متصل أو على مسافات قريبة ويكون جدارها سميك



ا ـــ قطاع في جدار الماسورة



ب ـــ قلوظة بالسن المائل

شكل (٣٤)

تسنين مواسير الصلب

١ ـــ سطح الماسورة الخارجى
٢ ـــ سطح الماسورة الداخلى
٣ ـــ جدار الماسورة
٤ ـــ ميل ١ ÷ ٣٢
٥ ـــ زواية ميل السن
٦ ـــ زاوية شفة القطع
٧ ـــ المسافة الممسوكة باليد
٨ ـــ المسافة المربوطة بلوى اليد
٩ ـــ مسافة السن فيهاغير كامل

جدول (١١)

تسنين (قلوظة) المواسير

قطر الماسورة بالبوصة	عدد السن في كل بوصة	العدد الذى يمكن استعماله من السن	طول الجزء الممسوك باليد (بوصة)	طول السن المربوط بلوى اليد (بوصة)	الطول الكلى لسن اللولب الخارجى (بوصة)
١/٨	٢٧	٧	٣/١٦	١/٤	٣/٨
١/٤	١٨	٧	١/٤	٣/٨	٩/١٦
٣/٨	١٨	٧	١/٤	٣/٨	٥/٨
١/٢	١٤	٧	٥/١٦	١/٢	٣/٤
٣/٤	١٤	٨	٥/١٦	٩/١٦	١٣/١٦
١	١١ ١/٢	٨	٣/٨	١١/١٦	١
١ ١/٤	١١ ١/٢	٨	٧/١٦	١١/١٦	١
١ ١/٢	١١ ١/٢	٨	٧/١٦	٣/٤	١
٢	١١ ١/٢	٩	٧/١٦	٣/٤	١ ١/١٦
٢ ١/٢	٨	٩	١١/١٦	١ ١/٨	١ ٩/١٦
٣	٨	١٠	٣/٤	١ ٣/١٦	١ ٥/٨
٤	٨	١٠	١٣/١٦	١ ٥/١٦	١ ٣/٤
٥	٨	١١	١٥/١٦	١ ٣/٨	١ ١٣/١٦
٦	٨	١٢	١٥/١٦	١ ١/٢	١ ١٥/١٦
٨	٨	١٤	١ ١/١٦	١ ١١/١٦	٢ ١/٨
١٠	٨	١٥	١ ٣/١٦	١ ١٥/١٦	٢ ٣/٨
١٢	٨	١٧	١ ٣/٨	٢ ١/٨	٢ ٩/١٦

ولذلك يجب التفرقه بين قطرها الداخلى والخارجى ، وعادة يذكر القطر الداخلى فقط مع سمك الماسورة . ولارتفاع ثمن هذا النوع يجب تركيبه بدقة كافية تضمن سلامته أثناء التشغيل . ونادراً ما تستخدم هذه المواسير للمياه أو الغاز ، إلا أن لها الأفضلية الأولى فى مدادات التصريف للأجهزة الصحية والمخلفات الصناعية لأنها تقاوم الصدأ والمواد الكيمائية . ويتم توصيل مواسير الرصاص عادة باللحام .

مواسير النحاس :

تستخدم مواسير النحاس في التركيبات الصحية بكفاءة ، ومنها نوعان :

أ ـــ نحاس صلب قوي متماسك .

ب ـــ نحاس مرن يتميز بالليونة .

ويوجد من مواسير النحاس خمسة درجات : ـــ

١ ـــ نوع ثقيل يستخدم في المنشآت الهامة والتجارية ويطلق عليه (K) ويوجد هذا النوع سواء من النحاس الصلب أو المرن .

٢ ـــ نوع متوسط ويطلق عليه (L) ، وهو أخف من النوع السابق ويوجد هذا النوع أيضاً سواء من النحاس الصلب أو المرن ، ويستخدم عادة في مواسير التغذية بالمياه في المباني السكنية .

٣ ـــ نوع (M) ويصنع من النحاس الصلب فقط ، وهو أخف الأنواع ويستخدم في الفرعات الصغيرة للتغذية بالمياه .

ويستخدم عادة نوع (L) لفرعات التغذية الداخلية بقطر $\frac{٣}{٨}''$ ، $\frac{١}{٢}''$ ، $\frac{٣}{٤}''$. وبالنسبة للمواسير النحاس التي توضع تحت الأرض ويكون قطرها أكبر من $\frac{١}{٢}$ بوصة فيستخدم نوع (K) .

ويوجد النحاس الطرى بأقطار من ٦ مم وحتى ٥٤ مم فى لفات حوالى ٢٠ متر . وتوجد أيضا حتى قطر ١٠٨ مم مواسير مستقيمة بطول ٦ متر . أما المواسير الأصلب فتوجد دائما بطول ٦ متر بأقطار من ٦ مم وحتى ١٥٠ مم .

وتستخدم وصلات الضغط واللحام لهذا النوع من المواسير ، ولكن يجب اتباع المواصفات الخاصة بكل نوع أو درجة من هذه المواسير ، وتحدد طرق اللحام المواصفات البريطانية BS 864 مع الأخذ في الاعتبار إرشادات الشركات المنتجة لهذه المواسير لأنها تستند أيضاً إلى المواصفات الفنية القياسية البريطانية أو ما يعادلها .

وتستخدم وصلات خاصة (Adapters) ، للربط بين مواسير النحاس والحديد . وتستخدم أيضاً فى بعض الأحيان قطع خاصة يجب حمايتها فى حالة انشاء المواسير في الأرض . كما أنه عند استخدام المياه اليسرة فإنها تذيب الزنك من المواسير ولهذه النوعية من المياه تستخدم قطع خاصة مصنوعة من معدن المدافع الذي يحتوي على ٨٥ ٪ نحاس ، ٥٠ ٪ لكل من القصدير والرصاص والزنك .

وحينما توضع خطوط مواسير النحاس تحت سطح الأرض فإنه يجب حمايتها من التآكل بتغليفها بشريط من مادة عازلة مناسبة وتستخدم أحياناً مواسير النحاس المغلفة بالبلاستيك من الخارج .

وتتميز مواسير النحاس عن الأنواع الأخرى بالآتى :

١ ـــ مقاومتها للصدأ .

٢ ـــ سهولة التشغيل خاصة الأنواع الخفيفة اللينة منها .

كما أن لها بعض العيوب أهمها : ـــ

١ ـــ زيادة التكاليف .

٢ ـــ زيادة معامل التمدد ، حيث يصل لحوالي ضعف تمدد مواسير الصلب .

المواسير الزجاجية : ـــ

تستخدم عادة في : ـــ

١ ـ المعامل التي يستعمل فيها مواد كيميائية .
٢ ـ صناعات الأغذية والألبان .
٣ ـ صناعات الورق والمعادن والصباغة والتجهيز .

وتتميز المواسير الزجاجية بالآتي : ـ
أ ـ مقاومتها للأحماض والمواد الكيمائية الأخرى .
ب ـ تتحمل الحرارة لدرجات عالية .
جـ ـ معامل التمدد حوالي ربع تمدد مواسير الصلب .

مواسير البلاستك : ـ

توجد منها أنواع كثيرة مشتقة من مركبات كيمائية متعددة ، إلا أنها تختلف في استخداماتها حسب مكوناتها من هذه المركبات .

وتستخدم هذه الأنواع حالياً على نطاق واسع لما لها من المزايا الآتية :
١ ـ خفيفة الوزن .
٢ ـ أقل في التكاليف .
٣ ـ تقاوم الصدأ .
٤ ـ سهولة وسرعة تركيبها .
٥ ـ يمكن التوصية بتغيير مواصفاتها لتناسب المركبات الكيمائية في مياه المجاري والمخلفات الصناعية .

كما أن لهذه الأنواع من المواسير العيوب الآتية : ـ
أ ـ تتأثر بالحرارة .
ب ـ تنكمش وتتمدد بمعدل أكبر من أنواع المواسير الأخرى .
جـ ـ تحتاج إلى عناية في التثبيت لزيادة مرونتها .
د ـ أقل تحملا للضغوط الداخلية .
هـ ـ سحب المواسير أو جرها على الأسطح الصلبة ، ينتج عنه تآكل

طبقة من السطح الدائري ، ويُضعف من تحمل المواسير .

ويستخدم من هذه المواسير الأنواع الآتية : —

١ — polyvinyl chloride (PVC) .

٢ — polyethylene (poly thene)

٣ — polypropylene

٤ — Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) .

ويفضل استخدام هذه الأنواع للمياه الباردة فقط دون المياه الساخنة حيث أن معامل تمددها كبير نوعا كما أنها تتأثر بدرجات الحرارة العالية وتقل متانتها ومقاومتها للضغط الداخلى .

١ — مواسير (PVC) : —

يوجد منها نوعان : — طرية plasticised

صلبة un plasticised

ويستخدم هذا النوع كبديل للفخار والأسبستوس وبعض الأنواع الأخرى ، وهو مقاوم للتآكل خفيف الوزن . ولا يستخدم النوع الطرى فى وصلات المياه . ويوجد من المواسير الصلبة نوعان يستخدمان للمياه والمحاليل الكيمائية ، وتحدد المواصفات الفنية خواص هذه المواسير ، ويجب الحرص عند استخدامها فى درجات الحرارة التى تصل للصفر حيث أن معامل الانكماش لها كبير نسبياً .

وتوجد هذه المواسير بأطوال ٣ متر ، ٦ متر ، ٩ متر ، وبقطر من نصف بوصة إلى ٢٤ بوصة ، ويوجد منها ٤ درجات كل منها يتحمل ضغطاً معيناً ابتداء من ٦٠ متر ، ٩٠ متر ، ١٢٠ متر ، ١٥٠ متر كضغط داخلى . ويستخدم محلول اللحام السائل فى وصلات المواسير . وأحياناً تستخدم وصلات الضغط خاصة فى توصيل مدادات التصريف بالجالتيراب .

ويفضل عدم استخدام هذه المواسير للمياه الساخنة أو فى الأجواء الحارة ، فتوصى بعض المواصفات بعدم استخدامها للمياه التى تزيد درجة حرارتها عن ٦٠ درجة مئوية ، ولا تستخدم فى الأجواء التى تتراوح درجة حرارتها بين ٢٠ ، ٦٠ درجة مئوية حيث يجب أن يقل الضغط المسموح به فى المواسير بمقدار ٢ ٪ لكل درجة حرارة جوية تزيد عن ٢٠ درجة مئوية .

وهذا النوع له كثافة نسبية ١,٤٢ ، ونقطة تليُّن حوالى ٨٠ درجة مئوية ، ويتراوح معامل التمدد الطولى بين (٥ — ٨) × ١٠ ^-٥^ لكل درجة مئوية .

ويتميز هذا النوع أساساً بمقاومته للتآكل والصدأ ؛ خفيف الوزن ، مرن ، سهل النقل والتركيب ، ولكن لا يسمح بانحراف جانبى فى خطوطه بأكثر من ٥ ٪ من القطر ، ولا يستخدم اختبار ضغط الهواء في هذا النوع من خطوط المواسير .

وتوصى المواصفات فى اختبار خطوط المواسير بالمياه ، بحيث لا يزيد التسرب من الخط عن واحد لتر / يوم / كليو متر من طول الخط / ٢٥ مم من قطر الماسورة / ٣٠ متر من ضغط الاختبار ، وبحيث يبقى الخط مملوءاً بالمياه لمدة ٢٤ ساعة قبل إجراء الإختبار .

وهذا التسرب يعادل ٣ أضعاف المسموح به لخطوط مواسير الصلب والزهر المرن .

وتشمل المواصفات البريطانية **BS 3505** خواص مواسير **(standard PVC pipes)** ، والمواصفات البريطانية **BS 3506** خواص مواسير **(high impact PVC pipes** وتستخدم قطع خاصة من نفس نوع المواسير أو من الحديد .

وفى الأقطار التى تزيد عن ٢٠٠ مم تكون المواسير عرضة للاعوجاج إذا

كانت عملية ردم الخنادق فوق المواسير لا تتم حسب الأصول الفنية ، حيث يجب أن تكون طبقات الردم مضغوطة بالتساوى على جانبى الماسورة حتى لا يحدث انبعاج عند الوصلات فيسبب تسرب المياه منها وعند استخدام المواد اللاصقة السائلة بطريقة غير فنية فإن معامل التمدد والانكماش الكبير لنوع المواسير يمكن أن يسبب كسر الوصلات مع التغير فى درجات الحرارة .

٢ ــ مواسير البوليثين . Plythens

يستخدم نوعان من هذه المواسير حسب المواصفات الإنجليزية **BS 3284** .

أ ــ عالى الكثافة .

ب ــ منخفض الكثافة .

ويصنع من كل نوع ثلاث درجات من المواسير تتحمل ضغوطاً داخلية ٦٠ متر ، ٩٠ متر ، ١٢٠ متر عند ٢٠ درجة مئوية . وتشترط المواصفات عدم استخدام هذه المواسير فى درجات حرارة أعلى من ٦٠ درجة مئوية . وهذه المواسير قابلة للتمدد بتأثير الشد أو الضغط خفيفة الوزن ولا يحدث تلف للماسورة إذا اتجمدت فيها المياه ، وكثافتها حوالى ٩٠٠ كجم / م^{٣} ، وتوجد فى لفات ١٥٠ متر ، ١٠٠ متر ، ٥٠ متر حسب قطر الماسورة . ويتم توصيل هذا النوع إما بطريقة الضغط أو بالإنصهار .

٣ ــ مواسير : polypropylene

وتتميز بمقاومتها العالية للمواد الكيمائية كما أنها تتحمل درجات حرارة حتى ٩٠ درجة مئوية ، ولكنها مكلفة وأكثر ثمناً من الأنواع الأخرى ولذلك ينحصر استخدامها للمحاليل الكيمائية التى تستخدم فى الصناعة .

٤ ــ مواسير : Acrilonitrile butadiene styrene ABS

تستخدم أساساً للمياه الباردة وتتميز بخفة وزنها بحوالى ٢٥ ٪ عن مواسير PVC وأكثر صلابة ولذلك تستخدم فى الحالات المعرضة للصدمات ، كما أنها تتحمل درجات الحرارة المنخفضة حتى درجة الصفر ، ويمكن أن تتحمل درجة حرارة حتى ٨٠ درجة مئوية ، وتتحمل ضغوطاً داخلية حتى ١٥٠ متر .

وتصنع هذه المواسير بأقطار من نصف بوصة وحتى ٨ بوصة ، وبأطوال (٣ ــ ٦) متر . ويوجد قطع خاصة من نفس نوع المواسير . وضمن شكل (٣٥) بعض وصلات هذا النوع .

مواسير الحديد الزهر :

وتستخدم فى مجالين : ــ

الأول : خطوط المواسير المعرضة لضغوط داخلية وخارجية مثل خطوط نقل المياه والمخلفات السائلة تحت ضغط .

والثانى : أعمدة الصرف والتهوية الرأسية .

وتتميز هذه المواسير بصلابتها وصغر معامل تمددها ، ولكن في حالة الأعمدة الرأسية واستخدام لحام وصلاتها بالرصاص ، يجب عمل صيانة دورية لهذه الوصلات ، وذلك لتأثرها بالمياه الساخنة والباردة وهي عملية مستمرة مع استعمال هذه المواسير .

ويتم صناعة هذه المواسير عادة بطريقة الطردالمركزي وذلكبصب حديد الزهر المصهور فى قالب اسطوانى يدور بسرعة كبيرة بحيث يتكوًن ويتشكل جدار الماسورة بفعل الطرد المركزى . وخلال دقائق بعد الصب يتصلب حديد الزهر وتنكمش الماسورة قليلاً ويمكن عندئذ سحبها من القالب ، ويتم تسخينها ثم تبريدها ببطء لخفض الإجهادات الناتجة من التبريد . وتساعد هذه الطريقة فى تكثيف جدار الماسورة وجعله ذات سمك منتظم متجانس .

ويوجد من هذه المواسير ثلاث درجات : ـــ

ـــ درجة ب وتتحمل ضغطاً قدره ٦٠ متر .

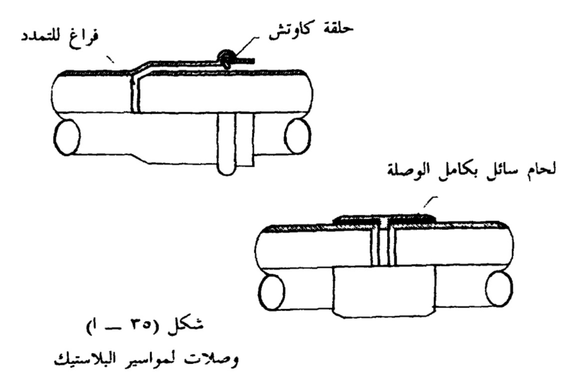
ـــ درجة جـ وتتحمل ضغطاً قدره ٩٠ متر .

ـــ درجة ء وتتحمل ضغطاً قدره ١٢٠ متر .

ويراعى الحرص فى استخدام مواسير الزهر وقطعها الخاصة لأن كل درجة من المواسير لها سمك جدار معين ، وبالتالى فالقطر الخارجى للمواسير يختلف حسب سمك جدارها ، ولذلك يجب أن تكون القطع الخاصة من نفس درجة الماسورة .

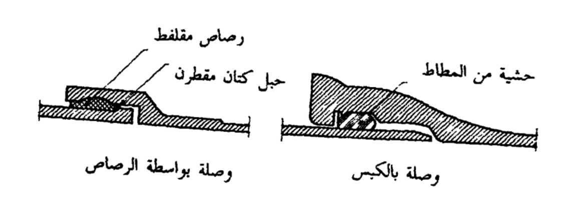
مواسير الزهر المرن :

أصبح هذا النوع هو الأكثر استعمالاً فى الوقت الحالى بدلاً من حديد الزهر ، وتصنع بنفس الطريقة ولكن بإضافة كمية صغيرة من الماغنسيوم أو السريوم (cerium) إلى الحديد المصهور حيث يتسبب ذلك فى تحويل الكربون الجرافيتى من الشكل الرقاقى إلى الشكل الكروى ، وبتلك الوسيلة تزيد قوة الشد والمتانة



شكل (٣٥ ـــ ا)

وصلات لمواسير البلاستيك



حلقة من المطاط

وصلات مشفهة

شكل (٣٥ — ب)

وصلات لمواسير الزهر

وصلة بلاستيك

حلقة كاوتش

وصلة مرنة بحلقات كاوتش

حبل كتان مقطرن

مونة أسمنت ورمل

شكل (٣٥ — جـ)

وصلات لمواسير الفخار

وصلة بمونة الأسمنت والرمل

والمطولية للحديد ويصبح مميزاً عن حديد الزهر العادى بالخواص الجديدة التى تساعد على استخدامه بكثرة فى أعمال المياه والصرف الصحى . وتصنع هذه المواسير بأقطار حتى ٢٦٠٠ مم ويتراوح طول هذه المواسير بين ٥,٥ متر إلى ٨ متر .

ويتميز الزهر المرن عن الزهر العادي بقوة تحمله ومرونته وقدرته على تحمل الصدمات. وتحتوي المواصفات البريطانية BS4772 على الدرجات المختلفة والضغط المسموح به في كل منها. وتحدد المواصفات البريطانية BS 3416 طريقة الطلاء الداخلي والخارجي بالبيتومين البارد للمواسير. كما أن المواصفات البريطانية BS 4147 تحدد طريقة الطلاء بالبيتومين الساخن . ويستخدم أيضاً القطران والمونة فى عملية طلاء المواسير .

ورغم مميزات هذا النوع إلا أنه معرض للتآكل بالأحماض وكبريتيد الإيدروجين ، ويجب عدم إستخدامه فى حالة تعرض خطوط المواسير لمياه جوفية تحتوى على تركيزات كبيرة من الأملاح ، إلا إذا تم تبطينها بمواد مناسبة لحمايتها .

وصلات المواسير :

تستخدم طرق مختلفة لتوصيل مواسير الزهر والزهر المرن ، وأهم هذه الطرق :

١ ــ وصلات يستخدم فيها الرصاص المصهور أو البارد بالقلفطة فى الفراغ الواقع بين الرأس والذيل بحيث يوضع حلقات من حبل الكتان المقطرن ثم يوضع الرصاص المصهور أو البارد ويتم تثبيته بالقلفاط . وهذه الطريقة تستخدم فى المواسير ذات الأقطار الصغيرة والكبيرة على السواء بشرط أن تكون المواسير مصنعة على أساس رأس وذيل .

٢ ــ الوصلات المشفهة :

وفى هذا النوع يتم ربط شفتى كل من ماسورتين بمسامير ربط خاصة بهذه

الوصلات ، ويجب قبل ربط كل وصلة التأكد من وضع الماسورتين فى نفس المستوى واستقامتهما تماماً ، وتوضع حلق من المطاط بين الشفتين لتساعد فى ربطهما رباطاً تاماً . ويجب أن يكون سطح الشفتين نظيفاً تماماً قبل عملية التوصيل ويتم ربط المسامير تدريجيا وببطىء حتى تأخذ حلقة المطاط وضعها الطبيعى بين الشفتين ، كما أن أسطح الشفتين وحلقة المطاط تكون خالية من الدهون والزيوت والأتربة والرمال والمياه وأى مواد غريبة بحيث تكون جميع الأسطح التى ستلتصق ببعضها نظيفة وجافة . ويكون سمك حلقة الكاوتش بين ٣,٢ مم ، ٤,٨ مم .

٣ ــ وصلات الكبس :

وفى هذا النوع من الوصلات تكون الرأس والذيل بطريقة تسمح بإدخال حشية من المطاط فى تجويف بينهما . وهذا النوع سهل فى توصيله ومرن بحيث يسمح بالانحرافات الآتية فى المسار الطولى : ــ

أ ــ أنحراف ٥ درجات للمواسير بأقطار حتى ٣٠٠ مم .

ب ــ أنحراف ٤ درجات للمواسير بأقطار (٣٥٠ ــ ٤٠٠) مم .

جـ ــ أنحراف ٣ درجات للمواسير بأقطار (٤٥٠ ــ ٦٠٠) مم .

ويجب أن يكون المطاط المستخدم من مواد غير قابلة للتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة .

طلاء مواسير الزهر والزهر المرن :

يتم طلاء المواسير من الخارج بالبيتومين وفى حالة وجود مياه جوفية أو مواد مسببة للصدأ أو التآكل فى التربة ، تغطى المواسير من الخارج بأجزاء من مواسير البوليثين تناسب أقطار المواسير . ويمكن طلاء السطح الداخلى بطبقة من المونة الأسمنتية بسمك ٣ مم ، ترش داخل الماسورة عند دوران الماسورة بسرعة كبيرة تساعد على إلتصاق المونة بجدار الماسورة .

وتسمح وصلات الضغط بانحراف فى خط المواسير حوالى ٣ ٪ فى كل وصلة

بما يتيح التغيير التدريجى لا تجاه خط المواسير .

مواسير الأسبستوس :

تصنع هذه المواسير من خليط من الأسمنت البورتلندى و ألياف الأسبستوس والسيليكا يتم خلطها حتى تصبح غليظة القوام ثم تتكرن على طبقات على سطح قلب إسطوانى لتشكيلها حتى تصل إلى السمك المطلوب ، وبعدها تعالج بالبخار أو الماء وتنظف ثم يتم ضبط أطرافها وتغمس فى بيتومين بارد .

ورغم أن هذه المواسير مقاومة للصدأ والتآكل إلا أن الكبريتات تأكل مكوّن الأسمنت فى هذه المواسير ، ولذلك يجب أن يؤخذ هذا فى الاعتبار عند وضعها فى تربة بها كبريتات أو استعمالها فى مياه أو مخلفات تحتوى على هذه المواد أو غيرها من المواد التى تؤثر على سلامتها خاصة الأحماض وكبريتيد الإيدروجين ، وفى حالة طلاء هذه المواسير بالبيتومين ، يسبب كبريتيد الإيدروجين تآكل هذا الطلاء ولذلك يفضل دهان المواسير بطبقة داخلية من الإيبوكسى أو البلاستك .

وهذا النوع من المواسير خفيف الوزن ، سهل التشغيل والتركيب والقطع والتجهيز والنقل ، إلا أنها تحتاج إلى عناية خاصة فى نقلها وتركيبها ، وردم الخنادق الموضوعة فيها هذه المواسير بكل حرص ، واستبعاد الكتل الصلبة الكبيرة من الردم . ويفضل عدم وضعها فى مسارات معرضة لسيارات النقل الكبيرة ، أو المعرضة للاهتزازات .

ويجب فى أثناء قطعها وتشغيلها إستخدام ملابس وأقنعة للوقاية من أليافها لأنها تسبب أضراراً صحية جسيمة .

وتستخدم قطع خاصة من الزهر ، أو الزهر المرن لتركيب خطوط هذه المواسير .

مواسير الفخار : —

تستخدم أساساً لمواسير التجميع الرئيسية ، وفي فرعات الصرف التي تصل الصرف الداخلي بالشبكة العمومية ، وتصنع هذه المواسير بأقطار من (١٠٠ — ١٠٠٠) مم ويستخدم هذا النوع بنجاح فى خطوط الصرف الصحى وفرعات الصرف المتصلة بها . ويتميز هذا النوع بمقاومته للمواد الكيمائية والعضوية ولذلك فهى مناسبة جدا لمياه المجارى والمخلفات الصناعية السائلة ، ولكن يجب استبعادها من الاستخدام لتصريف سوائل تحتوى على حامض الهيدروفلوريك الذى يتفاعل مع الطين المصنوع منه هذه المواسير ويتلفه .

ويتم توصيل مواسير الفخار بأحد الطرق الآتية : —

أ) لحام بمونة الأسمنت والرمل بعد حشو ثلث الفراغ بين الرأس والذيل بحبل كتان مقطرن .

ب) وصلات كبس باستخدام حلقات مطاط بين نهايتى الماسورتين فى تجويف مناسب لسمك المطاط .

وتوصى بعض المواصفات بعدم استخدام مواسير الفخار داخل المبانى تحت سطح الأرض .

المواسير الخرسانية :

يراعى فى هذا النوع أن تكون المواسير كثيفة لخفض معدل التسرب من خلالها وحمايتها من الكبريتات والمحافظة على حديد التسليح من التآكل ويساعد على زيادة عمر الخرسانة استخدام أسمنت مقاوم للكبرتيات وبعض الأحجار الجيرية فى خلطة الخرسانة . وتستخدم فى بعض الأحيان طبقات عازلة بداخل المواسير وخارجها . ويجب عدم استخدام كلوريد الكالسيوم فى أى خلطة للخرسانة أو للطبقات العازلة .

تبـطن هذه المواسير من الداخل بإحدى الطرق الآتية : —

أ ــ طبقة شديدة الصلابة مقاومة للتآكل من الـ PVC .

ب ــ طبقة من الألياف الزجاجية GRP .

مواسير الخرسانة سابقة الإجهاد :

يستخدم فى هذا النوع التسليح اللازم لحماية المواسير وأطرافها ، ويستخدم فيها الأسمنت البورتلندى العادى أو المقاوم للكبريتات فى حالة تعرضها لمواد تتفاعل مع الأسمنت العادى ، إلا أن هذا النوع له بعض العيوب التى تؤثر على استخدامه وأهمها أنه عديم المرونة عند وصلاته ولذلك لا يزيد الانحراف عند الوصلات عن (نصف درجة) ، كما أن المواسير ذات الاقطار الكبيرة وزنها كبير ، وعلى سبيل المثال فالماسورة الواحدة بقطر ٢,٧٥ متر وطول بين ٣ متر ، ٤ متر قد يصل وزنها إلى ما يقرب من عشرون طناً ، ولذلك فعملية نقل المواسير ووضعها فى الخندق ثم توصيلها تكون غاية فى الصعوبة ، وينتج منها مشاكل فنية كبيرة خاصة فى التربة الضعيفة . ويتعرض السطح الخارجى للتشقق نتيجة تمدد طبقة التغليف الخارجية فى حالة تعرض المواسير للتمدد نتيجة الضغوط الداخلية ، ويصمم هذا النوع من المواسير حسب المواصفات البريطانية (BS 4625) .

مواسير الخرسانة المسلحة :

تختلف عن الخرسانة سابقة الإجهاد في استخدام حديد التسليح العادي بدلا من الحديد عالي مقاومة الشد الذي يستخدم في الخرسانة سابقة الإجهاد وفي المواسير الخرسانية المصنوعة بأي طريقة يفضل إستخدامها في الخطوط التي لا تتصل بها فرعات صغيرة .

مواسير الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية

Glass Fiber reinforced concrete pipes:-

وبدأ استخدامها حديثا ، ويستخدم فيها آلياف زجاجية مقاومة للقلوية توضع بالقرب من الأسطح الداخلية والخارجية ، وتعتبر أكثر مقاومة من الحديد بالنسبة للصدأ

مواسير(Grp) : .... Glassfibre Reinforced plastic

(مواسير البلاستك المسلحة بالألياف الزجاجية) : ـــ

وتُصنَّع هذه المواسير حسب المواصفات البريطانية

BS 5480 - BS 3534 - BS 3532

ويتم اختيار المواد التي تدخل في صناعة هذه المواسير لتقاوم الأحماض والمركبات الكيمائية التي يحتمل تواجدها في المخلفات السائلة . ويساعد على زيادة صلابة المواسير وضع الألياف الزجاجية بطبقات متعددة على زوايا مختلفة ، وكذلك الطبقات الطلائية التي يدخل الرمل في تركيبها .

وأهم الأخطار التي تتعرض لها هذه المواسير ، اختراق الرطوبة لجدار الماسورة خاصة إذا كانت المخلفات السائلة حامضية . وفي حالة إزالة الطبقات الطلائية من على الأسطح الداخلية أو الخارجية لجدار الماسورة ، فإن المخلفات السائلة تصل إلى الألياف وينتج من ذلك تلف المواسير .

وهذا النوع من المواسير خفيف الوزن ويصل لحوالي (١٠ ـــ ١٤) ٪ من وزن المواسير الخرسانية ، وعلى ذلك فهي خفيفة الوزن سهلة التركيب خاصة في الأقطار الكبيرة ولكن يجب مراعاة الحرص التام في العمليات الآتية : ـــ

- ـــ التحميل
- ـــ التشوين
- ـــ النقل
- ـــ التركيب

وذلك باتباع المواصفات الفنية للشركة المنتجة للمواسير ويجب حماية جميع نهايات المواسير بغطاء من الأخشاب والركائز الغير معدنية . وفي حمل المواسير تستخدم حبال خاصة بذلك أو حمالات مغطاة بالكاوتش ، بحيث تستخدم حمالتين لكل ماسورة . ويكون تخزين المواسير على أرض مستوية ويفضل أن يكون التخزين فوق طبقة من الرمال .

عمق الردم فوق الخطوط

تؤثر نوعية التربة ومكوناتها وخواصها ومنسوب المياه الجوفية في تحديد ارتفاع الردم فوق خطوط المواسير . وقد حددت المواصفات الخاصة بإحدى الشركات البريطانية استنادا إلى المواصفات البريطانية عمق الردم فوق خطوط مواسير البلاستك المسلحة بالألياف الزجاجية كالآتي :

أولا : في التربة الصخرية

١) للمواسير بمعامل صلبية (١١٠٠ ن / م ٢) ، يكون عمق الردم : —

٧ متـــر في التربة الجافة

٤ متر في التربة التي ترتفع فيها المياه فوق الراسم العلوي للماسورة .

٢) للمواسير بمعامل صلبية (٢٥٠٠ ن / م ٢) ، يكون عمق الردم : —

١٢ متر في التربة الجافة

١٠ متر في التربة الرطبة

ثانيا : في التربة الغير متماسكة :

١) للمواسير بمعامل صلبية (١١٠٠ ن / م ٢) يكون عمق الردم : —

٦ متر في التربة الجافة

٤ متر في التربة الرطبة

٢) للمواسير بمعامل صلبية (٢٥٠٠ ن / م ٢) يكون عمق الردم :: —

١٠ متر في التربة الجافة

٧ متر في التربة الرطبة

وهذه الافتراضات يمكن أن تتغير حسب المواصفات الفنية لنوعيات هذه المواسير واحتمالات تعديلها خاصة بعد العيوب التي ظهرت في بعض الخطوط المنشأة من هذا النوع بدون مراعاة الجوانب الفنية في عمليات التصميم والتركيب .

إختيار نوعية المواسير

يفضل استخدام مواسير الزهر المرن في الأقطار المتوسطة لشبكات المياه وذلك لأنها تتميز بالآتي : ـــ

ـــ المتانة

ـــ مقاومة الاجهادات

ـــ المرونة

ـــ التحمل في غالبية أنواع التربة التي لا تؤثر في الحديد

ـــ توافر القطع الخاصة والمحابس المصنوعة من الزهر المرن بالأبعاد القياسية ، مما يساعد على إنشاء خطوط مواسير متجانسة وييسط الأعمال التصميمية والانشائية .

وبالنسبة للأقطار الصغيرة تتساوى الأفضلية بين مواسير الزهر والأسبستوس خاصة في شبكة التوزيع الرئيسية .

وبالنسبة للخطوط الرئيسية ذات الأقطار الكبيرة فإنه يتم دراسة ظروف كل حالة من جميع نواحيها الفنية والاقتصادية واختيار النوع الملائم والمناسب خاصة لظروف التربة والمياه الجوفية والضغوط الخارجية والداخلية على المواسير ومكونات المياه ، والمسارات التي ستنشأ فيها المواسير . وعموما يجب أن تتوفر في المواسير المستخدمة في أعمال الإمداد بالمياه الخواص الآتية : ـــ

١) تتحمل قوى الشد واللوى ، لمقاومة الضغوط الخارجية الناتجة من الردم ومرور المركبات واحتمالات تحرك التربة .

٢) تحمُّل القوى والضغوط الداخلية .

٣) مقاومة القوى الصدمية لكي تتحمل الإجهادات الناتجة عن التحميل والنقل والتخزين والتركيب واللحام .

٤) نعومة السطح الداخلي ومقاومته للصدأ .
٥) مقاومة الأسطح الخارجية للصدأ ولظروف التربة المحيطة بخطوط المواسير وبالمياه الجوفية .
٦) تكون وصلات المواسير مرنة ومحكمة .

مد خطوط التغذية :

يجب أن يكون مد خطوط المواسير بمنتهى الدقة والشدة والصرامة والجدية ، وذلك بسبب تكاليفها الباهظة بالإضافة إلى صعوبة إصلاحها وما يصاحبه من قصور في خدمات المرافق العامة . وفي هذا المجال يجب النظر بعين الاعتبار في دراسة العوامل الآتية : ــ

١) تشوين المواسير ووضعها فوق بعضها بالطريقة التي تنص عليها المواصفات الفنية للشركات المنتجة لها حتى لا تتأثر طبقات الطلاء وأحرف المواسير وربما جدار الماسورة نفسه .
٢) عدم تشوين المواسير في المساحات التي تنمو الحشائش فيها حيث أن هذه الحشائش عندما تجف وتشتعل لأي سبب فإن النار تتلف طبقات الطلاء الخارجي وربما يمتد أثرها للمواسير نفسها .
٣) تستخدم حمالات وحبال خاصة في رفع المواسير بحيث لا تؤثر على طبقة الطلاء الخارجي ، ويجب عدم السماح برفع المواسير بواسطة الأسلاك والسلاسل حتى ولو استخدمت معها مخدات خشبية لربط المواسير أثناء رفعها ، لأن هذا بالاضافة إلى أثره على المواسير فإنه في منتهى الخطورة لاحتمالات انفصال القطع الخشبية الساندة للمواسير وسقوطها فجأة من ارتفاعات عالية وما ينتج عن ذلك من حوادث قد تكون جسيمة .
٤) بعد رفع المواسير وأثناء إنزالها في الخنادق ، يجب فحص المواسير جيدا والتأكد من أنها خالية من الشروخ الرفيعة والخدش والكسر والعيوب الأخرى

التي قد تكون ناتجة عن نقل المواسير أو تشوينها أو رفعها .

٥) يجب التأكد من سلامة طبقات الطلاء الداخلي والخارجي أثناء رفع المواسير .

٦) يجب تجهيز قاع خنادق المواسير بما يتلائم مع نوعية كل ماسورة بالاضافة إلى أنه يجب استبعاد أي كتل صخرية أو صلبة من قاع الخندق وفي حالة التربة الصخرية يمكن وضع أساس أسفل المواسير من : —

أ) الخرسانة بحيث يتم وضع فرشة خرسانية بسمك ١٥ سم وتوضع المواسير قبل أن تتصلب الخرسانة أي وهي لا زالت مرنة حتى لا تتكون نقط صلبة على سطح الفرشة الخرسانية تحت المواسير ، وتمنع الفرشة الخرسانية تأثير التربة على المواسير .

ب) الرمل بارتفاع لا يقل عن ٣٠ سم تحت المواسير وحولها وفوقها .

٧) توضع خطوط الضغط على ميول بسيطة منتظمة لا تقل عن ٢ في الألف إذا كان الميل لأعلا في اتجاه مسار المياه ، ولا يقل الميل عن ٣,٣٥ في الألف إذا كان الميل لأسفل . وفي حالة الأرض المستوية تماما والتي يصعب فيها وضع المواسير بهذه الميول ، يمكن وضع المواسير أفقية بحيث يتم تركيب محابس تفريغ هواء على المواسير الرئيسية . وبالنسبة لشبكة توزيع المياه فلا تحتاج لمحابس هواء لأن فرعات التغذية للمباني يتم من خلالها تصريف أي هواء في شبكة التوزيع ، ماعدا الخطوط الرئيسية المنشأة في المناطق الجبلية .

٨) يتم دك الردم حول المواسير وفوقها بعد وضعه في طبقات حتى تكون التربة المحيطة بخط المواسير متماسكة وقوية ، كما أن أسفل المواسير وعلى جانبيها وفوقها لارتفاع ٣٠ سم فوق الراسم العلوي للماسورة يجب أن يكون خاليا من الكتل الصلبة كبيـرة الحجم .

٩) تركيب الوصلات بدقة وعناية ونظافة تامة والمحافظة عليها من الأتربة والوحل خاصة في خطوط المواسير العميقة التي يتم تركيبها تحت منسوب المياه الجوفية .

١٠) لا يقل ارتفاع الردم فوق المواسير إلى سطح الأرض عن ٩٠ سم وإذا كان مسار خطوط المواسير معرض لأحمال المرور فيكون عمق الردم لا يقل عن ١٢٥ سم

١١) إذا زاد عمق الردم عن ٢٠٠ سم يجب التأكد من أن المواسير تتحمل الضغوط الناتجة من الأتربة ، وإذا كانت المواسير يمكن أن تتأثر من هذه الضغوط ، فتغلف بالخرسانة .

مد خطوط الصرف الصحي :

يسبق عملية مد خطوط المواسيرالمراحل التالية : —

أ) تخطيط مسارات خطوط الإنحدار واتجاهاتها ، اعتمادا على ميول سطح الأرض الطبيعية .

ب) تصميم قطاعات المواسير ، وتحديد مواقع المطابق ، والملحقات الأخرى لشبكة الصرف الصحي . وتشمل عملية التصميم تحديد مناسيب خطوط الصرف ، وطبيعة طبقة الأسساس تحت المواسير ، ومناسيب قاع الخنادق وأعماق الحفر على طول مسار الخطوط .

بداية مد الخطوط :

• تبدأ عملية مد الخطوط من مصب الشبكة عند نهايتها العميقة ، إتجاها إلى بداية الخطوط ، وهذا يعطى ميزة في إمكانية استخدام الخطوط التي يتم إنشائها أولا بأول .

وتكون عملية الإنشاء لكل خط بين مطبقين ، إلى أن ينتهي ، ثم يبدأ إنشاء الخط الذي يليه وهكذا .

حفر الخنادق :

تتم عملية الحفر يدويا أو ميكانيكيا في حالة وجود طبقات رصف خرسانية أو أسفلتية صلبة . وفي حالة التربة الضعيفة والخنادق العميقة ، يحتاج الأمر إلى

سند جوانب الخنادق بستائر خشبية أو حديدية ، ولو أن الستائر الحديدية نادرة الاستعمال ، والتي تستخدم عادة هي الستائر الخشبية .

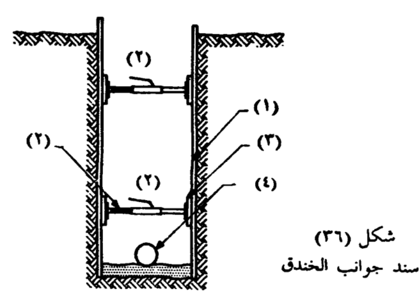
وتكون ألواح الستائر الخشبية متقاربة أو متباعدة حسب طبيعة التربة وعمق الخنادق . ويبين شكل (٣٦) بعض أنواع الستائر الخشبية المستخدمة في سند جوانب الخنادق .

طبقة الأساس :

في وضع طبقة الأساس تحت خطوط المواسير يراعى الآتي :

١) إختيار الركام بأسطح مزوَّية لأنه أفضل من الركام الكروي وأكثر ثباتا تحت المواسير .

٢) يزيد درجة ثبات الركام تحت المواسير مع زيادة حجم الركام .



شكل (٣٦)
سند جوانب الخندق

١ ــ ألواح الستائر الخشبية ترتفع أعلى سطح الأرض .

٢ ــ قامطة للتحكم في المسافة بين الستائر وضبطها .

٣ ــ ألواح ربط أفقية .

٤ ــ قطاع خط المواسير .

٣) يفضل أن يكون الركام من كسر الصخور والأحجار بأحجام تتراوح بين ٦ مم ، ١٩ مم .
٤) يستبعد الركام الذي يزيد حجمه عن ٢٥ مم ، لأنه يعرِّض المواسير لأحمال مركزة .
٥) لا تستخدم الرمال إلا في حالة عدم وجود الركام المناسب .

إختبار استقامة الخطوط بعد إنشائها :

يمكن اختبار مدى إستقامة خطوط المواسير بعد تركيبها ولحامها ، وذلك بوضع مرآة في طرف من الخط ، ووضع لمبة مضيئة في الطرف الآخر ، فإذا كان الخط مستقيما فإن دائرة الضوء ستظهر كاملة في المرآة ، وإذا لم يكن الخط مستقيما أو كان هناك بعض العوائق بداخل الخط، فإن هذا يظهر واضحاً في المرآة.

ويمكن التأكد أيضا من وجود أي عوائق بالخط وذلك بتمرير كرة طرية في خط المواسير بقطر يقل نصف بوصة عن قطر الماسورة الداخلي .

ردم الخنادق :

عند وضع الردم حول الماسورة وفوقها ، يجب أن تتم هذه العملية بطريقة لا تؤثر في وضع الماسورة واستقامتها وميلها ويوضع الردم بكميات متساوية على جانبي المواسير بطبقات سمك كل طبقة ١٥ سم ، ترش بالمياه ، وتدك بالمندالة جيدا ، مع الأخذ في الاعتبار أن تكون الطبقة التي تعلو الماسورة خالية من الكتل الصلبة وتوضع بمعدات يدوية وتدك برفق حتى لا يؤثر ذلك على سلامة المواسير ولا يسمح بالرصف إلا بعد عدة أسابيع ، بعد أن تكون طبقات الردم قد أخذت وضعها الطبيعي من الهبوط والثبات وتكون قادرة على حمل طبقات الرصف وما عليها من أحمال .

تركيب فرعات الصرف الأفقية :

يكون تركيب المواسير بحيث يبعد الراسم العلوي عن سطح الأرض مسافة

لا تقل عن ٩٠ سم تحت الشوارع ، وتحت الحدائق والأرصفة لا تقل هذه المسافة عن ٦٠ سم . وفي الحالات التي تحتم الظروف الإنشائية وضع المواسير قريبة من سطح الأرض ، يجب عمل حماية كافية للمواسير بوضعها في جراب مناسب أو بوضعها في خندق بغطاء يتحمل الضغوط الخارجية عليه .

ويكون حفر الخنادق التي توضع فيها المواسير بأقل عرض ممكن لجعل ضغوط التربة على المواسير أقل ما يمكن . وفي حالة التربة الضعيفة يجب عمل تثبيت وتقوية للتربة تحت المواسير بمواد مناسبة لمكونات التربة .

وفي حالة تركيب المواسير وعمل لحاماتها ، يفضل توفير المرونة الكافية في خطوط المواسير ، ويفضل استخدام وصلات مرنة في إنشاء هذه الخطوط . وقد زاد استخدام هذه الوصلات في جميع أنواع المواسير للأسباب الآتية :

أ) بساطة وسهولة وسرعة عمل الوصلات ، ويساعد ذلك على سرعة ردم خنادق المواسير ، وتشغيل الوحدات الرافعة لمياه الرشح أقل وقت ممكن .

ب) تقاوم هذه الوصلات تحركات وهبوط التربة .

جـ) يمكن عمل الإختبارات اللازمة على خطوط المواسير بعد تركيبها مباشرة ويمكن اكتشاف عيوب التركيب وإصلاحها بسرعة .

وضع المواسير تحت المباني .

يجب ما أمكن عدم تركيب خطوط صرف تحت المباني ، وفي حالة تركيب هذه المواسير ، يجب مراعاة الآتي : —

أ) يكون خط المواسير تام الاستقامة وبميل ثابت لا يتغير في الخط بأكمله .

ب) وجود نقط تسليك على أجزاء خط المواسير .

جـ) يكون غطاء غرف التفتيش داخل المباني محكما .

د) تستخدم وصلات مرنة ، مع حماية المواسير والوصلات من الضغوط الخارجية .

إختبار خطوط التغذية بعد تركيبها :

تحدد المواصفات الفنية طريقة إجراء التجربة لكل نوع من أنواع المواسير . ويكون ضغط التجربة عادة أكبر من ضعف ضغط التشغيل . وتجرى التجربة عادة على طول مناسب من الخطوط بحيث يكون هذا الطول بين محبسين يتم إغلاقهما أثناء التجربة . ويفضل ترك الوصلات ظاهرة أثناء التجربة حتى يمكن كشف أي عيوب أو تسرب فيها . وإذا حدث تذبذب في الضغط أثناء التجربة فإنه غالبا يكون بسبب وجود هواء في المواسير ، ولذلك يفضل وضع محابس هواء على خطوط المواسير لتفريغها من الهواء مع ملئها ببطيء بالمياه . ولسهولة اكتشاف عيوب التركيب يمكن إضافة مادة كاشفة أو صبغة للمياه .

وتستخدم طلمبات يدوية لتجربة الضغط المائي على خطوط المياه عموما ، سواء شبكات التوزيع العمومية أو خطوط التغذية الفرعية داخل المباني .

ولاجراء هذه التجربة على خط مواسير أفقي أو قائم تغذية رأسي ، يتم سد جميع فتحات خط المواسير سدا محكما ، بالاضافة إلى تثبيت المواسير في النقط التي تتعرض للحركة نتيجة زيادة ضغط المياه الداخلي ، ويحدث هذا عادة في المواسير الأفقية الرئيسية التي تتحرك فيها المواسير لأعلى عند وصلاتها أثناء اجراء التجربة وزيادة ضغط المياه داخل المواسير . ويمكن تثبيت المواسير عند منتصفها ، وترك الوصلات مكشوفة للتأكد من سلامتها أثناء التجربة .

وتشمل المعدات اللازمة لاجراء التجربة ما يأتي : ـــ

أ ـــ طلمبة مياه يدوية .

ب ـــ مانومتر لقياس ضغط المياه .

جـ ـــ حوض صغير يمكن نقله بسهولة وملئه بالمياه تركب عليه الطلمبة وعادة يكون هذا الحوض من الحديد المجلفن أو مادة أخرى مناسبة .

ويصير توصيل مخرج الطلمبة بخط المواسير المطلوب اختياره بواسطة وصلات مرنة سهلة التركيب والتشغيل .

وفي بداية التجربة يملأ خط المواسير بالمياه مع التأكد من تفريغه من الهواء قبل زيادة ضغط المياه حيث أن انفجار المواسير التي تحتوي على هواء مضغوط يكون غاية في الخطورة .

وبعد ذلك يستمر ضخ المياه في خط المواسير حتى يصير ضغط المياه مساوياً ٢ ضغط جوي ويبقى هذا الضغط لمدة تترواح بين ٤ ساعات إلى ٢٤ ساعة حسب طبيعة التجربة ، وفي حالة ثبات الضغط خلال الفترة هذه ، يمكن بواسطة الطلمبة زيادة الضغط إلى ضعف الضغط المطلوب في المواسير أثناء التشغيل العادي ، ولنجاح التجربة يجب أن يظل الضغط ثابتاً بدون أي انخفاض لمدة لا تقل عن ١٥ دقيقة . وفي حالة انخفاض الضغط خلال مدة التجربة يجب معرفة العيوب في خط التغذية وإصلاحها .

تجربة الضغط المائي على خطوط الانحدار :

الطريقة الأولى :

يبين شكل (٣٧ ـــ ا) طريقة اجراء هذه التجربة التي تجرى على كل خط صرف ينفذ بين غرفتي تفتيش ، وذلك بسد الطرف السفلى لخط المواسير بواسطة طبة من الكاوتش لا تسبب أي تلفيات بالسطح الداخلي للماسورة ، وتملأ الماسورة بالمياه عن طريق خرطوم يدخل الطرف العلوي لخط الصرف من داخل طبة كاوتش مناسبة لهذا الغرض . ويستخدم حوض يرتفع سطح المياه فيه ١٢٠ سم عن الراسم العلوي للماسورة ، ثم تملأ الماسورة بالمياه مع تفريغ الهواء وتترك مدة لا تقل عن ساعة يتم خلالها تشبع جدار المواسير والوصلات بالمياه ، ثم تجرى التجربة بعد ذلك باعادة منسوب المياه في الحوض العلوي إلى المنسوب الأصلي . ثم تترك لمدة نصف ساعة وتقاس كمية النقص في المياه خلال هذه المدة والتي

بحب الا تزيد عن ٦٠ سنتيمتر مكعب في الساعة لكل مائة متر طولي لكل مم من قطر الماسورة ويبين شكل (٣٧ ـــ ب) بعض أنواع طبة القفل المستخدمة في التجارب .

الطريقة الثانية :

يتم سد فوهة الخط عند أوطى طرف، ثم يركب كوع بماسورة رأسية بنفس قطر الماسورة ترتفع لمسافة ١٢٠ سم فوق الراسم العلوي للماسورة وبحيث لا يزيد الفرق في المنسوبين بين أعلى نقطة في ماسورة الاختبار وأوطى نقطة في خط التصريف عن ٦ متر في حالة المواسير التي تنفذ بميول كبيرة لتلائم ميول سطح الارض . وتملأ الماسورة بالمياه لمدة حوالي ساعة ، ثم تضاف مياه لاعادة سطح المياه في ماسورة الاختبار الرأسية إلى أعلى منسوب ، ثم يلاحظ مقدار الانخفاض في سطح المياه كل عشر دقائق ، ثم تضاف مياه لتعويض المنسرب من خط المواسير ، وعلى أساس أن الكوع الموصول بالخط والقائم الرأسي بنفس قطر خط المواسير يمكن الحكم على مدى سلامة الخط المختبر إذا كان انخفاض المياه في القائم الرأسي كل عشر دقائق لا يزيد عن : ($\frac{٢٥٠٠٠}{ق}$) مم بفرض (ق) هو قطر المـــــاسورة بالمليمتر .

الأحمال التي تؤثر على المواسير المنشأة تحت سطح الأرض

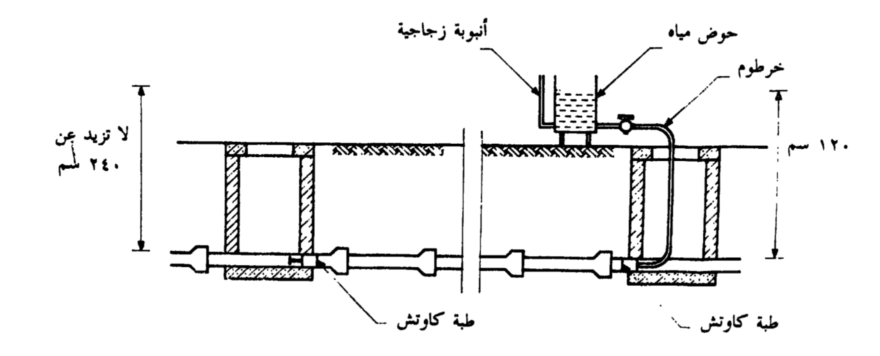
يجب دراسة العوامل التي تؤثر في سلامة خطوط المواسير حتى لا تتعرض للإنهيار بعد إنشائها ، وأهم هذه العوامل : ـــ

١ ـــ معرفة حالة التربة في الأعماق المختلفة وعلى طول مسارات خطوط المواسير .

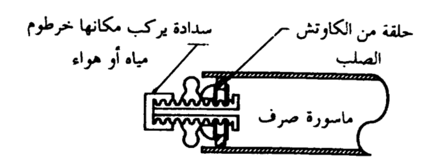
٢ ـــ دراسة المياه الجوفية في المنطقة ومكوناتها واحتمالات التغير في منسوبها .

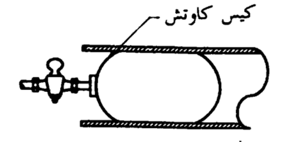
٣ ـــ تحديد الأحمال التي يمكن أن تتعرض لها المواسير بدون حدوث تلف أو كسر أو تشقق للمواسير أو للوصلات

٤ ـــ تحديد أقصى عمق يمكن أن توضع فيه الماسورة ، وذلك لكل قطر من



شكل (٣٧ ـــ ا)
تجربة الضغط المائي على خطوط الإنحدار





شكل (٣٧ — ب)

طبات مستخدمة في تجارب المواسير

الأقطار ، ولكل نوعية من أنواع التربة بما في ذلك ظروف المياه الجوفية .

٥ — طريقة حفر الخنادق ، ونوعية طبقات الركام التي توضع تحت المواسير وحولها وأعلاها .

٦ — بالنسبة لخطوط المواسير التي تسير فيها المياه تحت ضغط ، يجب تحديد أقصى ما يمكن أن تتعرض له الخطوط من ضغط وتأثيره على جدار الماسورة ووصلاتها وتقاطعاتها . وكيعانها ، ووضع سندات من الخرسانة لمقاومة هذه الضغوط .

الأحمال الناتجة من الردْم

يعتمد مقدار الحمل الناتج من الردم على العوامل الآتية : —

١ — عرض الخندق الذي توضع فيه المواسير

٢ ـ وحدة الوزن لمواد الردم

٣ ـ خواص الإحتكاك لحبيبات التربة المستخدمة في الردم .

حساب الضغوط الخارجية على المواسير المدفونة

تتعرض خطوط المواسير المدفونة لضغوط خارجية ناتجة من : ـ

ـ وزن الردم فوق الماسورة

ـ وزن الماسورة

ـ الأحمال الناتجة من مرور السيارات والمركبات

وذلك للخطوط التي تسير بالانحدار الطبيعي بدون أي ضغوط داخلية ، وهذه الحالة تنطبق على شبكات الصرف الصحي التي تسير فيها المياه بالانحدار الطبيعي . وتستخدم بعض المعادلات التجريبية لحساب الضغوط الخارجية على هذه المواسير ، منها : ـ

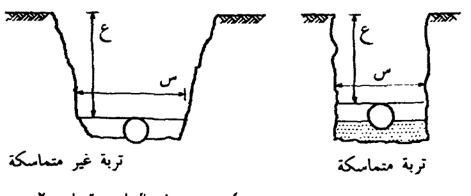
و = م . ك . س^{٢} .   حيث

و = الحمل المؤثر على المتر الطولي من المواسير بالكيلو جرام

م = معامل يعتمد على نوعية الردم ونسبة عمق الخندق إلى عرضه

ك = الوزن النوعي لمواد الردم ، بالكيلو جرام للمتر المكعب

س = عرض الخندق عند مستوى الراسم العلوي للماسورة ، بالمتر



يؤخذ الخندق عادة مساويا ($\frac{٤}{٣}$ من قطر الماسورة + ٢٠ سم)

ويمكن استنتاج قيمة المعامل م من الجدول الآتي : ـ

ع ÷ س	قيمة المعامل م لنوعيات التربة الآتية :ـ				
	تربة مفككة	تربة رملية وزلطية	تربة رملية وزلطية مشبعة بالمياه	تربة طينية	تربة طينية مشبعة بالمياه
٢	١,٤٠	١,٤٥	١,٥٥	١,٦٠	١,٦٥
٢,٥	١,٦٠	١,٧٠	١,٧٥	١,٨٠	١,٩٠
٣	١,٧٥	١,٩٠	٢	٢,١٠	٢,٢٠
٣,٥	١,٩٠	٢,١٠	٢,٢٠	٢,٣٠	٢,٤٠
٤	٢,٠٥	٢,٢٠	٢,٣٥	٢,٥٠	٢,٦٥
٥	٢,٢٠	٢.٤٥	٢,٦٠	٢,٨٠	٣
٦	٢,٣٠	٢,٦٠	٢,٨٠	٣,٠٥	٣,٣٥
٨	٢,٤٠	٢,٨٠	٣,٠٥	٣,٣٥	٣,٧٥
١٠	٢,٥٥	٢,٩٠	٣,٢٠	٣,٦٠	٤
١٥	٢,٦٥	٣	٣,٣٥	٣,٨٠	٤,٤٠
٢٠	٢,٧٠	٣,١٠	٣,٤٥	٣,٩٠	٤,٥٥

الأحمال الناتجة من حركة النقل والمرور :

يقل تأثير الحمل الناتج من مرور السيارات مع زيادة عمق خطوط المواسير عن سطح الأرض ، ولذلك فإن تأثير هذه الأحمال يمكن إهماله بالنسبة لخطوط الانحدار حيث أن أعماقها تزيد عن حوالي ١٥٠ سم .

وبالنسبة للخطوط التي يتم تنفيذها بأعماق تصل إلى ١٨٠ سم . من سطح الأرض وحتى الراسم العلوي للماسورة يمكن استنتاج الأحمال المؤثرة

من الجدول الآتي ، اعتمادا على حركة مرور النقل الثقيل التي تعطى إطاراته المزدوجة حملا على سطح الأرض مساويا حوالي ٧ طن لكل إطارين بحيث يكون الحمل المحوري الناتج من جانبي السيارة على سطح الأرض حوالي ١٤ طن .

الأحمال الناتجة من تأثير حركة النقل الثقيل على المواسير الدائرية المدفونة (كجم / متر طولى)

القطر	إرتفاع الردم فوق الراسم العلوى للماسورة (سم)									
مم	١٥	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥	٩٠	١٠٥	١٢٠	١٥٠	١٨٠
٣٠٠	٩٠٠٠	٥٢٠٠	٢٧٠٠	١٧٠٠	٩٠٠	٥٨٠	٤٧٠	٣٦٠	٢٦٠	٧٠
٣٥٠	١١٠٠٠	٦٠٠٠	٣١٠٠	٢٠٠٠	١١٠٠	٦٧٠	٥٠٠	٤٠٠	٢٨٥	٨٠
٤٠٠		٦٨٠٠	٣٥٠٠	٢٢٠٠	١٢٠٠	٧٦٠	٥٣٠	٤٥٠	٣٢٠	٩٠
٤٥٠		٧٦٠٠	٣٩٠٠	٢٤٠٠	١٣٠٠	٨٥٠	٦٦٠	٥٠٠	٣٥٠	١٠٠
٥٠٠		٨٠٠٠	٤٣٠٠	٢٦٠٠	١٥٠٠	٩٢٠	٧٢٠	٥٤٠	٣٨٠	١٠٥
٦٠٠			٥٠٠٠	٣٢٠٠	١٨٠٠	١١٠٠	٨٦٠	٦٥٠	٤٦٠	١٣٠
٧٠٠			٥٤٠٠	٣٥٠٠	١٩٠٠	١٢٠٠	٩٦٠	٧٢٠	٥٢٠	١٤٠
٨٠٠				٤٠٠٠	٢٤٠٠	١٥٠٠	١١٠٠	٨٦٠	٦١٠	١٦٥
٩٠٠					٢٦٠٠	١٦٠٠	١٢٧٠	٩٥٠	٦٨٠	١٩٠
١٠٠٠					٢٧٥٠	١٩٠٠	١٤٨٠	١٢٠٠	٧٩٥	٢١٥
١٢٠٠						٢٠٠٠	١٧٠٠	١٣٠٠	٩١٠	٢٥٥
١٤٠٠							١٨٠٠	١٤٣٠	١٠٧٠	٢٨٥
١٥٠٠								١٥٠٠	١١٣٠	٣٠٥
١٦٠٠									١٢٣٥	٣٣٧
١٨٠٠									١٢٧٥	٣٦٧
٢٠٠٠										٤٠٨

وتشمل المواصفات القياسية لأنواع المواسير بأقطارها المختلفة مقدار مقاومتها للتفتت أو الكسر على أساس اختبارات قياسيةمعملية محددة ، ويجب الربط بينها وبين ما تتعرض له المواسير من أحمال فعلية ، بحيث لا يزيد الحمل المؤثر على المواسير ، على مقاومة المواسير للتفتت ، مع الأخذ في الاعتبار بمعامل أمان مناسب يعتمد على كيفية وضع المواسير في الخنادق وطبيعة طبقات التربة أسفل المواسير وحولها . وفي نفس الوقت يمكن أن تتحمل المواسير أحمالا أكبر من تلك المحددة بالمواصفات القياسية بنسبة تصل إلى ٩٠ ٪ وذلك في حالة وضع طبقة من الركام المتجانس المدمج أسفل المواسير وحولها وفوقها .

ويتم قسمة مقاومة تحمل المواسير على معامل أمان مناسب ، نتيجة لاختلاف طبيعة التربة ، وتفاوت المهارة الفنية في التنفيذ ، والملابسات التي تحيط أحيانا بعملية التصميم بين الشركات المنتجة للمواسير ، والأجهزة الفنية المشرفة على دقة التصنيع ، والمهندسون المصممون لخطوط المواسير ، والأجهزة الفنية صاحبة المشروع . ويكون معامل الأمان لمواسير الفخار حوالي ١,٥ .

مثال :

ماسورة من الفخار قطرها ٢٥٠ مم موضوعة في خندق عرضه ٦٥ سم ، على عمق ٤,٥٠ متر من سطح الأرض حتى الراسم العلوي للماسورة ، فإذا كان الردم فوق الماسورة من أتربة كثافتها ١٩٥٠ كجم للمتر المكعب ؛ إحسب الحمل المؤثر على الماسورة والناتج من الردم .

الحل : ـــ

باستخدام المعادلة :

و = م . ك . س٢

وبالرجوع إلى الجدول السابق :

ع ÷ س = ٤٥٠ ÷ ٦٥ = ٦,٩٢

∴ للتربة الطينية تكون م = ٣,٢

ك = ١٩٥٠ كجم / متر مكعب

س = ٠,٦٥ متر

∴و = ٣,٢ × ١٩٥٠ × (٠,٦٥)٢

= ٢٦٣٦ كجم / متر طولي

الصمامات المستخدمة على

خطوط المواسير :

تستخدم أنواع متعددة من الصمامات لجميع أقطار المواسير الفرعية والرئيسية ، الداخلية والخارجية . فبالنسبة للصمامات أو المحابس الصغيرة تصنع عادة من النحاس أو من معدن المدافع . ويتكون النحاس من (٥٠ – ٦٤) ٪ نحاس أصفر copper + (٣٦ – ٥٠) ٪ زنك .

أما معدن المدافع فيتكون من : —

٨٨ ٪ نحاس أصفر .

١٠ ٪ tin .

٢ ٪ زنك .

وفي حالة التركيبات الصحية ذات الجودة العالية يتكون معدن المدافع من : —

٨٥ ٪ نحاس أصفر .

٥ ٪ tin .

٥ ٪ زنك .

٥ ٪ رصاص .

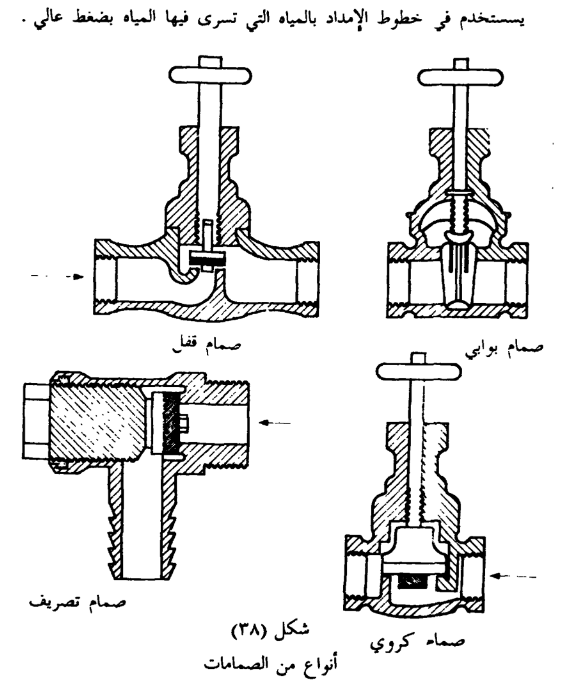
وبالنسبة للصمامات بأقطار أكبر من ٧٥ مم فإنها تصنع عادة من الزهر أو الزهر

المرن . ويوضح شكل (٣٨) بعض أنواع الصمامات الرئيسية التي تسير فيها المياه تحت ضغط ، وذلك لخطوط المواسير الداخلية والخارجية .

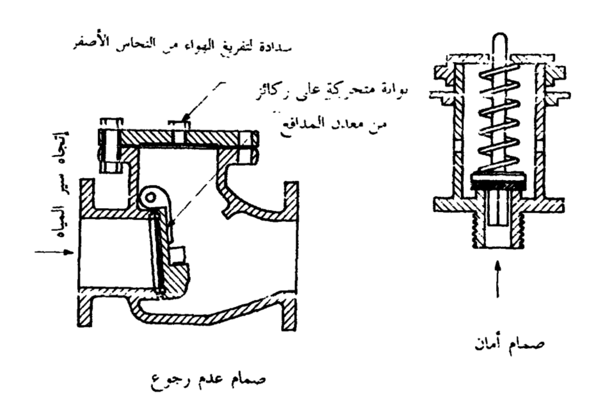
أنواع الصمامات

صمام كروي .... Globe Valve

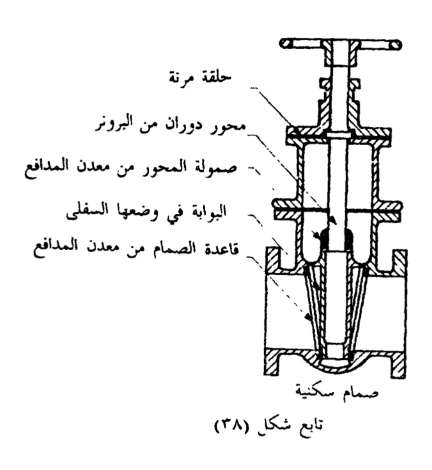
يستخدم في خطوط الإمداد بالمياه التي تسرى فيها المياه بضغط عالي .



شكل (٣٨)
أنواع من الصمامات



صمام عدم رجوع



صمام سكينية

تابع شكل (٣٨)

صمام بوابي : ....Gate Valves

يستخدم هذا النوع في فرعات التغذية التي تسير فيها المياه بضغط واطي ، وكذلك على فرعات التدفئة .

صمام تصريف :

يستخدم هذا النوع في تفريغ الغلايات واسطوانات المياه وبعض شبكات التغذية .

صمام أمان : (تخفيض الضغط) :

يستخدم لامتصاص أو تفريغ الضغط الذي يزيد عن حد معين ، وذلك في الغلايات وخزانات المياه وشبكات المياه ، ومن هذه الأنواع ما يستخدم في التركيبات الدداخلية لحماية أعمدة وفرعاتَ التغذية الصغيرة ، وتكون بأقطار (١٢ — ٥٠) مم .

وفي شبكات تغذية المياه العمومية ، توضع الصمامات الأوتوماتيكية لتخفيض الضغط في النقط التي قد تتعرض لضغوط كبيرة تؤثر في تحمل المواسير ووصلاتها ، مثال ذلك ، الخطوط التي توضع في منسوبين مختلفين ، فيوضع محبس تخفيض الضغط على الخط في المنسوب الأعلى ، بحيث لا يزيد الضغط في المنسوب الأوطى زيادة كبيرة

ويوضع نوع خاص من هذه الصمامات (altitude valve) في مدخل ماسورة تغذية الخزانات العلوية .

صمام عوامة :

يستخدم في خزانات المياه وصناديق الطرد لقفل المياه أوتوماتيكياً عندما تصل لمنسوب معين ، ثم يفتح الصمام أوتوماتيكياً عندما ينخفض منسوب المياه لحد معين .

صمام سكينة : .... Sluice Valve

والهدف منها التحكم في سير المياه خلال المواسير الرئيسية والفرعية لعمل الاصلاحات اللازمة في الأماكن التي بها أعطال بحيث لا يؤثر ذلك على الامداد بالمياه من باقي الشبكة . ويتم تركيب هذه الصمامات عادة عند التقاطعات ، بحيث لا تزيد المسافة بين الصمامات عن حوالي ٢٥٠ متر . وتوضع الصمامات على المواسير الأصغر أولاً على جانبي التقاطع ، ثم الأكبر بحيث يمكن التحكم في كل خط مياه على حدة .

ويوضع الصمام عادة ، إما في عامود من الزهر وذلك للصمامات الصغيرة أو في غرفة محابس أبعادها تناسب حجم الصمامات الكبيرة .

صمام مرتد :

يوضع على وصلات التغذية الرئيسية بعد الشبكة العمومية أو وحدات الرفع أو في أي مسار مطلوب سريان المياه فيه في اتجاه واحد . كما يوضع على مواسير التصريف الأفقية في البدرومات والأدوار الأرضية بهدف منع المياه المستعملة من الرجوع إلى داخل المباني .

صمام تصريف الهواء .... Air Valve

ويركب على خطوط توزيع المياه الرئيسية في النقط التي يتجمع فيها الهواء الذي يصل للمواسير مع المياه ، وتكون نقط تجميع الهواء عادة في المناطق التي تميل فيها المواسير لأعلا ثم لأسفل ، ويوضع الصمام في هذه الحالة في أعلى نقطة . ولهذه الصمامات أهمية رئيسية في خطوط توزيع المياه ، حيث أن تجمع الهواء في المواسير يقلل من مقطع الماسورة الذي تمر فيه المياه ويزيد من ضغط المياه فيها .

وفي شبكة توزيع المياه بالمدينة لا يحتاج الأمر لتركيب هذه الصمامات حيث تقوم فرعات التغذية للمباني والمنشآت بتصريف الهواء المتواجد بمواسير المياه ،

ما عدا بعض المناطق التي تختلف مناسيب سطح الأرض فيها اختلافاً كبيراً ، بحث يوجد نقط مرتفعة في خطوط المياه تحتاج لهذه الصمامات.

صمام الغسيل :

تكون محابس الغسيل عادة بقطر ١٠٠ مم ، ١٥٠ مم ، ٢٢٥ مم ، وتستخدم أساسا لتفريغ المواسير الرئيسية من المياه أو تصريف المياه الراكدة أو الملوثة من المواسير . وبالنسبة لخطوط المواسير الرئيسية خارج المدن فإن محابس الغسيل توضع في النقط السفلى من الخط والتي يمكن منها تفريغ الخط من المياه وتصريفها في أقرب مسطح مائي ، بطريقة لا تسبب نحرا في موقع صب هذه المياه . ويستخدم مشترك على الماسورة الرئيسية يركب عليه محبس الغسيل . وفي الخطوط الطويلة الخارجية تكون محابس الغسيل على مسافات تتراوح بين ٢ ، ٥ كيلو متر .

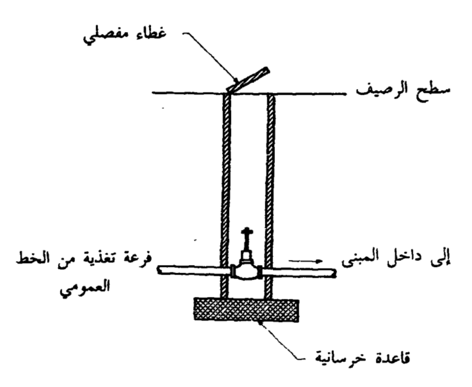
وعلى شبكة توزيع المياه بالمدينة توضع محابس الغسيل في الأماكن المناسبة ومراعاة ألا يزيد مدة تفريغ جزء معين من الخط الرئيسي عن (١ – ٢) ساعة . وبالنسبة لمواسير المياه الفرعية يمكن إستخدام حنفيات الحريق لتفريغ الخطوط في الأماكن القريبة من المسطحات المائية التي يمكن فيها تصريف المياه . وتوضع محابس الغسيل أيضا على نهايات الخطوط الرئيسية ويستعاض عنها أحيانا بحنفيات حريق تؤدي نفس الغرض .

ويجب مراعاة ضغط المياه الكبير أثناء خروج المياه من محابس الغسيل لأنه يكون أحيانا في غاية الخطورة خاصة وأن الخطوط الرئيسية يكون فيها ضغط المياه كبيرا . كما أن الأماكن التي تصب فيها مياه الغسيل يجب أن تكون مقاومة إنشائيا لضغط المياه الكبير المتدفق من فرعات الغسيل .

فرعات التغذية :

يوضح شكل (٣٩) فرعة تغذية من شبكة المياه العمومية إلى داخل المبنى

وعليها محبس يوضع عادة في صندوق من الحديد الزهر قطاعه يبدأ من ١٠ × ١٠ سم ويمتد إلى منسوب فرعة التغذية الذي يبعد عن سطح الأرض أو سطح الرصيف حوالي ٩٠ سم . ومن المحبس في اتجاه داخل المبنى تكون الماسورة بميل صغير لتسمح بسريان الهواء في اتجاه سير المياه لأعلى . وعندما تبدأ فرعة التغذية تفريعاتها رأسيا للوحدات السكنية يوضع عليها محبس لتفريغ قائم التغذية الرأسي من المياه في حالة الضرورة ، وبعده مباشرة عداد المياه ومحبس آخر .



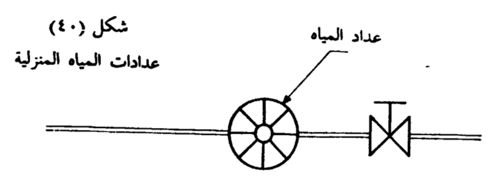
شكل (٣٩)
فرعة تغذية بمحبس

واستكمالا لذلك يراعى عند تصميم وتنفيذ وصلات المياه من الماسورة العمومية لداخل المنزل ؛ يراعى الآتي :

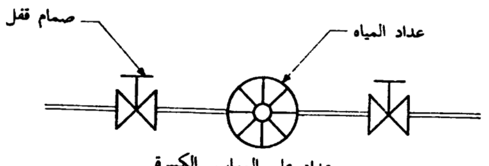
١) تكون الوصلات تحت سطح الأرض بحوالي ٨٠ سم ــ ١٠٠ سم

٢) توضع الوصلات بميل صغير جدا لأعلى في اتجاه داخل المنزل للتحكم في تجميع الهواء داخل الماسورة

شكل (٤٠)
عدادات المياه المنزلية



أ ـ عدد على المواسير الصغيرة



ب ـ عداد على المواسير الكبيرة

٣) إذا وضعت اضطراريا تحت أساس المبنى فتكون داخل جراب بقطر حوالي ١٥ سم لحماية الماسورة من أي هبوط في المبنى

٤) في المناطق الثلجية يجب حماية الفرعات من درجة الحرارة المنخفضة حتى لا تتجمد المياه فيها ، وذلك بالطريقة التي تناسب ظروف المبنى الإنشائية . وفي بعض الحالات توضع فرعة التغذية داخل جراب بقطر أكبر وفي محور الجراب بحيث يملأ الفراغ حول فرعة التغذية بمادة عازلة .

عدادات المياه :

توضع على وصلات التغذية الرئيسية قبل تفريعات المياه للوحدات السكنية ، ويفضل أن يكون قطرها أكبر من قطر الماسورة لخفض الفاقد في الضغط نتيجة للاحتكاك . ويركب صمام قفل بجوار العداد في طرف الماسورة المغذية . وفي حالة المواسير بقطر أكبر من ٤٠ مم يركب صمام قفل على جانبي عداد المياه ، شكل (٤٠)

التحكم في ضغط المطرقة :

تتعرض المواسير لضغط المطرقة حينما يتم قفل أو فتح صمام المياه فجأة وبسرعة فينتج من ذلك ضغط فجائي داخل المواسير لأن المياه سائل غير قابل للانضغاط .
وتعتمد شدة ضغط المطرقة على : ـــ

أ ـــ معدل تصرف المياه .

ب ـــ سرعة المياه .

جـ ـــ زمن قفل المحبس .

ويتركز الضرر الناتج من ضغط المطرقة في زيادة الضغط داخل فرعات التغذية بصورة قدد تؤثر على سلامته ومتانته ، هذا بالاضافة إلى الأصوات المزعجة الناتجة من ذلك . وعادة يكون ضغط المطرقة مصحوبا بالضغط العالي من شبكة التوزيع الرئيسية أو من وحدات رافعة داخلية ، ويفضل استخدام صمامات خافضة للضغط في النقط التي تتعرض لضغوط كبيرة عموما سواء كانت زيادة الضغط ناتجة من ضغط المطرقة أو تكون بسبب زيادة الضغط في خط الإمداد الرئيسي .

ويكون ضغط المطرقة مصحوبا بصوت ارتجاج أو صدم في مواسير المياه إلا أنه في حالات كثيرة لا يسمع ضغط المطرقة ولكنه يتسبب في نفس الأضرار بدرجات متفاوتة لتكراره المستمر .

ويحدث ضغط المطرقة نتيجة للتغيير المفاجيء في سرعة المياه في المواسير لأحد الأسباب الآتية : ـــ

(أ) عند إيقاف أو تشغيل وحدات الرفع

(ب) غلق حنفيات المياه

(جـ) الإنسياب المفاجيء لمياه الإطفاء وهو على النقيض من ضغط المطرقة

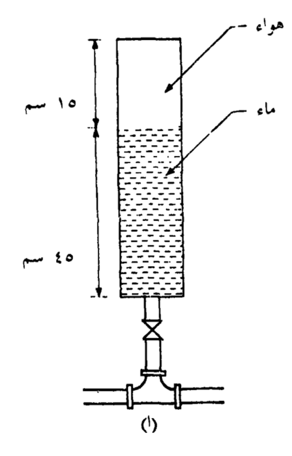
(د) خلل أو عطب المحابس

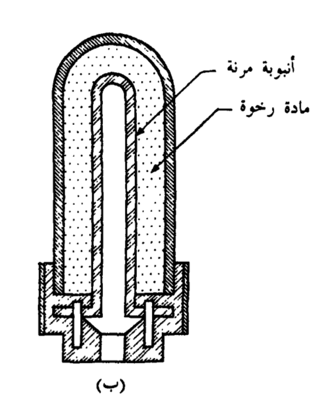
وللتحكم في ضغط المطرقة في حالة الأضرار الكبيرة التي تنجم عن هذه الظاهرة يمكن استخدام :

(١) خزانات مقفلة بها هواء وماء لامتصاص ضغط المطرقة (شكل ٤١ — أ) حيث أن الهواء قابل للإنضغاط بدرجة كبيرة . ويفضل أن تكون هذه الخزانات مساحتها السطحية كبيرة وارتفاعها صغير حيث أنها أكفأ من الخزانات التي لها مساحة سطحية صغيرة وارتفاع كبير . وتوضع هذه الخزانات في وضع رأسي ليصل إليها الهواء الذي يحتمل وجوده في المياه أثناء سريانها في مواسير التوزيع .

(٢) جهاز لامتصاص الضغط (شكل ٤١ — ب) عبارة عن أنبوبتين ، الخارجية صلبة والداخلية مرنة ويملأ الفراغ بين الأنبوبتين بمادة قابلة للإنضغاط ، وتتميز هذه الطريقة عن الأخرى حيث يمكن أن يمتص الماء الهواء مما يؤثر في أدائها إلى أن يصل إليها كمية الهواء المطلوبة .

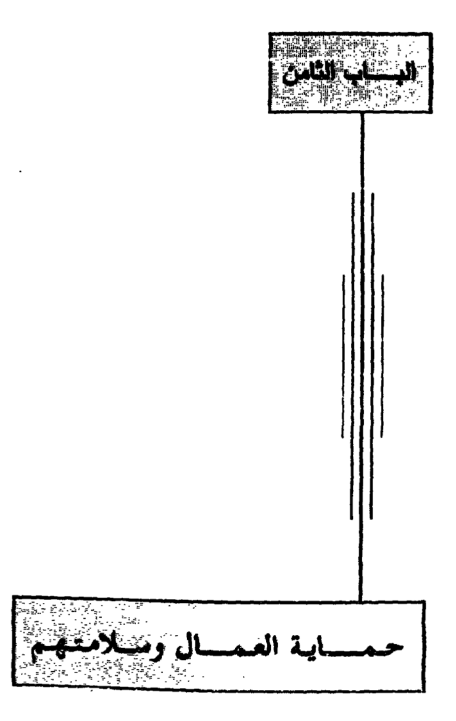
ويمكن أيضا تصميم خطوط التغذية على ضغوط أعلى قليلا من ضغوط التشغيل العادية ، وفي هذه الحالة يجب دراسة تأثير زيادة التكاليف الإنشائية الناتجة من ذلك .





شكل (٤١)

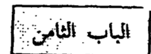
وسائل للتحكم في ضغط المطرقة



الباب الثامن

حماية العمال وسلامتهم





حماية العمال وسلامتهم

يتعرض العمال عموما لبعض الأخطار التي تتسبب في أضرار روحية ومادية وجسمانية ونفسية ، تنعكس على تقدم العمل ، وتزيد من التكاليف العلاجية .

والعمالة على اختلاف مستوياتها هي العمل نفسه ، والآثار المحتملة من أخطار العمل يمكن التحكم فيها بدرجة كبيرة بمداومة الدراسة والتوعية في موقع العمل بكافة الوسائل التي تناسب مستويات العمالة المختلفة ، والتي تلائم نوعية العمل ، والمعدات ، والمواد ، والمهمات المستخدمة فيه . ومجالات العمل كثيرة ومتنوعة نورد منها ما يتصل بأعمال الهندسة الصحية والتركيبات الصحية ، والأعمال المكملة لها ، مع الأخذ في الاعتبار أن المواد الجديدة التي تستخدم تباعاً في هذه الأعمال وبالذات في الوقت الحالي يجب أن تشمل مواصفاتها بيانات دقيقة عن الأخطار المحتملة من استخدامها وكيفية الوقاية منها ، ونوعيات الأعمال والشروط الواجب مراعاتها لتأمين سلامة العمالة فيها .

الإسعافات الأولية :

يجب توفير صندوق مناسب للإسعافات الأولية في أي موقع يعمل به خمسة عمال أو أكثر ، يحتوي على المعدات الطبية المناسبة لمعالجة الإصابات الصغيرة ، ويكون في متناول الجميع بشرط استخدامه فقط في حفظ الأدوية والمعدات الطبية ، ويُمنع استخدامه في أي أغراض أخرى . وفي المواقع التي يعمل بها أكثر من خمسون عاملا ، يتطلب الأمر وجود أحد المؤهلين في الاسعافات الأولية بالإضافة إلى الأدوية والمعدات الطبية اللازمة لهذا الغرض .

ويجب أن يوضع في الاعتبار أن الإسعافات الأولية ما هي إلا إجراء سريع لحماية

المصاب من أي مضاعفات لإصابته ، ولكن الخطوة الضرورية التي تتبع ذلك هي عرض المصاب على الطبيب المختص بأسرع ما يمكن .

الآلات والأدوات المستخدمة بكثرة في الموقع :

تشمل الآلات والأدوات المستخدمة في الأعمال الصحية نوعيات وأشكال مختلفة نمطية ومستحدثة نورد منها ما هو مستخدم بكثرة في الورش ومواقع العمل : —

- طقم مفاتيح لربط الأنابيب والمواسير الاسطوانية .
- طقم مفتاح ربط (النموذج الأنجليزي) .
- شنيور .
- لمبة لحام بلوازمها .
- طقم منشار يدوي للمعادن والأخشاب كاملا بالهيكل والأسلحة .
- زردية قطع (بنسة) .
- مجموعة مفاتيح مواسير كلابى .
- مطواة جيب كبيرة لأغراض العمل فقط .
- مفتاح لوصلات الأجهزة الصحية .
- طقم مبرد كامل .
- شريط قياس مرن بطول مناسب .
- طقم مفكات كامل .
- طقم مقص صفيح .
- ميزان تسوية كحولي أو مائي .
- معدات لتشغيل المواسير الرصاصية واستعدال مقطعها .
- قاطع للمواسير .
- قطاعة لألواح الأرضية .
- مسطرين .

ـ آلات لعمل فتحات في المعادن .
ـ طقم مطرقة (شاكوش) حديد كامل مختلف الأحجام .
ـ طقم آلات لثني المواسير يكون ضمنها لولب الثني .
ـ طقم مطرقة برؤوس خشبية .
ـ مثقب .
ـ مجموعة قامطة مناسبة للمواسير .
ـ أزميل (أجنة) ، وأزميل صلب حتى ٥٠ سم .
ـ مقطعة أنابيب .
ـ آلات لعمل فتحات وثقوب في الأحواض المختلفة .
ـ آلات لجميع أنواع القياسات التي تحتاجها التركيبات .
ـ آلات تسنين (قلوظة) مواسير الصلب .
ـ الآلات المستخدمة في وصلات المواسير بأنواعها المختلفة .

إرشادات عامة لسلامة العاملين في الموقع :

(١) يجب عدم ترك مسامير ظاهرة في القطع الخشبية الملقاة بالموقع حيث تسبب إصابات في أقدام العاملين ، ويجب خلع هذه المسامير من الخشب أو طرقها .

(٢) يلتزم العاملون بالموقع بارتداء الأحذية الواقية المناسبة لطبيعة العمل . ويفضل أن تكون قوية ومتينة لتتحمل أية كتل صلبة يمكن أن تسقط على قدم العامل .

(٣) تكون إصابات العين عادة مؤذية جدا ، وقد ينتج عنها فقدان البصر ولذلك يجب ارتداء النظارات الواقية المناسبة لكل مهنة خاصة التي يتطاير منها شظايا أو أتربة .

(٤) يجب حماية اليدين بارتداء القفازات المناسبة في حالة التعرض أو حمل مواد

حامضية أو قلوية قوية التركيز ، أو نقل معدات ومواد تؤثر على جلد اليدين أو نقل مونة الأسمنت والجير .

(٥) تتأثر القوة السمعية للأذن من تأثير الضوضاء المستمرة والأصوات العالية جدا الناتجة عن بعض معدات الموقع التي تستخدم لتجهيز المواد المختلفة ، ويجب حماية العاملين الذين يقومون بتشغيل هذه المعدات وذلك باستخدام غطاء مناسب لفتحة الأذن .

(٦) يجب وضع لافتات كبيرة مكتوب عليها عبارة (خطر جدا) ، وذلك على النقط الخطرة من الموقع ، والتي يكون الاقتراب منها قد يتسبب في إصابات جسيمة مثل كابلات الضغط العالي .

(٧) يجب منع التدخين منعاً باتاً في الأماكن التي يوجد فيها مواد قابلة للاشتعال .

(٨) يجب التحكم في حدوث حريق بالموقع لأن كثيرا من المواد الإنشائية قابلة للاحتراق ، ويجب منع التدخين في هذه الأماكن .

(٩) يجب توافر معدات إطفاء مناسبة بالموقع حسب طبيعة الأعمال والمواد المستخدمة ، ومدى قابلية المواد للاشتعال .

(١٠) للتحكم في الحريق أو منع حدوثه ، يجب الأخذ في الاعتبار أن الاشتعال يحتاج إلى ثلاثة عوامل متصلة ببعضها هي : ـــ

أ ـــ غاز الأكسجين .

ب ـــ الحرارة .

جـ ـــ مادة قابلة للاشتعال .

فإذا تحكمنا في أحد هذه العوامل فإنه يمكننا منع اشتعال الحريق ؛ وإذا اشتعل الحريق وأمكن التحكم في إحداها ، فإن الحريق يخمد وينطفيء .

(١١) يراعى عدم استخدام المياه في إطفاء السوائل القابلة للاشتعال والمواد البترولية والزيوت .

(١٢) لا يسمح باستخدام المياه في مواقع بها تيار كهربي لأن هذا قد يسبب صدمة كهربية مميتة لرجل الإطفاء .

(١٣) يجب التأكد على دوام من نظافة الموقع من أجزاء المواسير والوصلات والقطع الأخرى التي يمكن أن تتسبب في الاصابات المباشرة بالموقع .

(١٤) يجب التخلص من النفايات المختلفة ، أو حفظها في صناديق مقفلة حتى يتم التخلص منها ، وخاصة القابل للاشتعال منها .

(١٥) يجب التأكد باستمرار من نظافة الأرضية من الزيوت والمياه ، حيث أنها تساعد على زيادة الاصابات ، والتعرض للصدمات الكهربائية .

ملابس العمل : ـــ

يمكن خفض احتمالات الاصابات باختيار الملبس المناسب لكل عمل بالاسترشاد بالآتي :

أ ـــ عدم استعمال ملابس طويلة ومتسعة أكثر من اللازم سواء الأكمام أو الأرجل .

ب ـــ التأكد من أن الملابس المصنوعة من الألياف الصناعية لا تتأثر بدرجات الحرارة التي يتعرض لها العامل أثناء العمل .

جـ ـــ استعمال جوانتي اليد في نقل المواسير والتركيبات الأخرى ، وعدم استعمالها في تشغيل المعدات الميكانيكية .

د ـــ استعمال أنواع الأحذية المناسبة لطبيعة العمل والتي تساعد على الحماية من الإصابات المختلفة .

هـ ـــ استعمال نظارات خاصة مناسبة في حالة وجود أتربة أو كسارات يتطاير منها ذرات رفيعة ، ويجب استعمال زجاج مناسب للنظارة يقاوم أنواع الشوائب المحتملة . وفي حالة دخول أي شوائب للعين يجب عدم الضغط عليها في موقع الاصابة ، وعرض المصاب في الحال على الطبيب .

و ــ عدم لبس السلاسل الذهبية والحلي في الأعمال التي تستخدم فيها معدات ميكانيكية .

السقالات :

يمكن التحكم في الحوادث الناتجة عن السقالات باتباع بعض التدابير في الموقع ، مع الأخذ في الاعتبار أن هذا النوع من الحوادث قد ينتج عنه حالات وفاة أو كسور أو جروح أو عاهات مستديمة .

وتحتاج السقالات في تركيبها إلى مهارة فنية متخصصة ، إلا أن هذا لا يمنع أن يكون أي شخص على دراية بمجرد النظر لاستبيان مدى سلامة السقالة لاستعمالها باطمئنان خاصة أن السقالات ترتفع أحيانا لعشرات الأمتار ، ويراعى في تركيب السقالات ما يلي : ــ

١ ــ تكون قاعدة السقالة ثابتة تماما ويفضل أن تكون على قاعدة من الصلب لانتظام توزيع حمل السقالة على الأرض وأيضا لمنع هبوط أطرافها السفلية في الأرض وما يتبع ذلك من تصدع السقالة أو انهيارها .

٢ ــ يجب ربط أجزاء السقالات ربطا محكما مع المبني لمنع سقوطها .

٣ ــ تكون الدعامات التي تربط السقالات بطريقة هندسية بحيث لا يبرز منها أطراف طويلة تسبب أخطاراً للمارين حولها ، بحيث لا تزيد الروافد الأفقية للسقالة عن أربعة أضعاف سمك الأجزاء المستخدمة فيها .

٤ ــ بالنسبة للسقالات المتحركة يراعى فيها أن تستخدم على سطح أفقي مستوى ، وتتحرك فقط بدفعها عند قاعدتها ، ولا يكون هناك أسلاك معلقة تعترض مسار حركة السقالة .

٥ ــ يجب تزويد السقالات بحواجز لحماية العاملين عليها .

٦ ــ يجب أن تتحمل أجزاء السقالة أحمالاً لا تقل عن أربعة أضعاف أكبر

حمل متوقع عليها ، وتقاوم الحبال المستخدمة في تعليقها ما لا يقل عن ستة أضعاف هذه الأحمال .

٧ ــ يجب عدم تحريك أو نقل السقالات إلا في حالة خلوها تماما من الأدوات والعمال .

٨ ــ تكون أعمدة السقالات الرأسية ثابتة تماما لمنع تحريكها وتعرض العاملين فوقها للخطر .

عمليات الرفع والعتالة .

يجب أن يوضع في الاعتبار أن العمل كفاح مستمر لسنوات طويلة ، وليس استعراضا للقوة ، يؤتية العامل مرة في يوم من الأيام . فالعامل يمارس عملية رفع المعدات في موقع العمل بصورة تؤدي إلى أضرار صحية بالغة ربما تعوق العامل عن العمل لفترات طويلة ، ويجب على العامل أن يتدارك العوامل الآتية : ــ

(١) إذا زاد وزن المواد المطلوب رفعها عن نصف وزن العامل ، يفضل أن يساعده عامل آخر ، أو مجموعة من العمال في رفعها .

(٢) يحافظ العامل على استقامة ظهره تماما حتى ولو كان مائلا ، بحيث يعتمد العامل على عضلات رجلية وليس عضلات الظهر ، ويحافض على استقامة يديه ، ويجعلهما أقرب ما يمكن من جسمه .

(٣) تكون المسافة بين قدمي العامل (٢٠ – ٣٠) سم ، مع جعل أحد القدمين إلى الأمام قليلا ، وفي أثناء الرفع تكون قدمي العامل مثبتة تماما أقرب ما يمكن من المواد المرفوعة . وتبدأ عملية الرفع بأن يثنى العامل ركبتية مع وضع القرفصاء وحفظ الظهر مستقيما ما أمكن ، ثم يرفع بعضلات رجليه ولا يركز الأحمال على ظهره .

(٤) يمسك العامل الأشياء بإحكام وباليد كلها وليس بالأصابع فقط ، مع استخدام قفازات اليد المناسبة أو حمالات يدوية تساعد العمال على حملها ، أو استخدام وسائل ميكانيكية مناسبة

(٥) بعد ثني الركبة ، يتزامن رفع الأشياء مع استقامة الأرجل ، ويكون الرفع تدريجيا من الأرض حتى مستوى الركبة ، ثم بعد ذلك إلى المستوى المطلوب .

(٦) بعد الرفع يسير العامل في اتجاه قدمه التي في المقدمة مع بقاء الحمل ملاصقا للجسم ما مكن .

(٧) في حالة وضع الحمل على الأرض نتبع عكس الخطوات السابقة .

استخدام السلالم : ـــ

يجب اتباع الاحتياطات الآتية في حالة استخدام سلالم للصعود والهبوط : ـــ

١ ـــ التأكد من سلامة ومتانة أجزاء السلم وإزالة أي مسامير تكون ظاهرة أو أجزاء تالفة وإصلاحها قبل الاستعمال ، والتأكد من ثبات أرجل السلم على زاوية مناسبة .

٢ ـــ استخدام سلم بطول يكفي للوصول لمكان العمل بسهولة ، ويكون صعود العامل وهبوطه وهو في اتجاه السلم . ويجب عدم استخدام السلالم المعدنية في التركيبات الكهربائية التي يسرى بها التيار الكهربي .

٣ ـــ في حالة الصعود للسطح العلوي ، تمتد النهاية العلوية للسلم لمسافة متر على الأقل فوق السطح .

٤ ـــ يجب أن يتحمل السلم حملاً في المنتصف لا يقل عن ٣٦٠ كجم .

٥ ـــ في حالة رفع السلم أو خفضه يجب تثبيت قاعدة السلم أو سندها بأحد الحواجز الثابتة أو يقوم أحد العمال بعملية سند السلم .

٦ ـــ يجب أن تكون قاعدة السلم كافية لتثبيته وسنده بالأرض ، مع عدم وضع السلالم على البراميل والصناديق والمنشآت المتحركة .

٧ ــ يفضل حماية السلالم بأنواع من الطلاء الشفاف لأن الدهانات الأخرى قد تخفى عيوب أجزائه .

٨ ــ يفضل وضع عوارض من الصلب تحت كل درجة من درجات السلم ، بحيث تتحمل الشخص إذا كسرت درجة السلم ، وتحمى العامل من السقوط ، كما أن العوارض الحديدية تمنع انفصال درجات السلم من جانبيه .

٩ ــ يكون ميل السلم حوالي ٤ رأسي إلى ٣ أفقي .

١٠ ــ في أثناء استعمال السلم يجب أن يكون مأمونا ولا يسمح بانزلاقه على سطح الأرض أو وجه الحائط .

١١ــ لا يسمح باستخدام سلمين مربوطين على بعضهما للوصول إلى ارتفاع كبير ، ويجب الاعتماد على سلم واحد طويل .

١٢ ــ يعتبر استخدام السلالم المعدنية خطرا في المناطق الموجود بها وصلات كهربائية ، وكذلك السلالم الخشبية المدهونة ، لأن الدهانات تغطي الشقوق والشروخ الموجودة بالخشب والتي يحتمل وجود نسبة رطوبة بها .

حفر الخنادق (الخندقة) .

(١) تعتبر عملية حفر الخنادق غاية في الخطورة ، فالعمال أثناء الحفر يتعرضون للتلامس المباشر مع كابلات الكهرباء والتليفون ، ومواسير التغذية بالمياه ، ومواسير الغاز ، ومواسير الصرف الصحي ، وغيرها . ولذلك يجب أن تكون عملية الحفر بتنسيق واتفاق مُسبَّق مع الهيئات والمرافق المختلفة .

(٢) يجب دراسة طبيعة التربة ومنسوب المياه الجوفية لتحديد طريقة الحفر المناسبة للأعماق المختلفة .

(٣) يجب سند جوانب الخنادق التي يزيد عمقها عن ١٥٠ سم ، وإذا زاد عمق الخنادق عن ذلك يجب اتباع أحد طريقتين : —

(أ) سند الجوانب بطريقة تناسب طبيعة التربة

(ب) زيادة عرض الخندق وعمل الجوانب بميول مناسبه للتربه بحيث تمنع انهيار جوانب الخندق (شكل ٤٢) .

وهذه العملية حيوية وضرورية للحفاظ على حياة العمال ، حيث أن انهيار جوانب الحفر تسبب أضرار بالغة للعمال ، تصل إلى اختناق البعض منهم تحت الأتربة المنهارة .

(٤) حينما يكون العامل داخل الخندق يجب أن يكون واعيا بطرق تنفيذ الأعمال في الموقع المحيط به مثل : —

(أ) نقل المواسير وإنزالها في الخنادق

(ب) عمليات الردم

(جـ) صب الخرسانة وما تسببه عربات نقل الخلطة الخرسانية من أحمال على جوانب الحفر .

(د) نقل المواد والمعدات الثقيلة التي تؤثر على اتزان جوانب الحفر

(٥) يفضل ألا يبقى العامل داخل الخندق عند اقتراب أي معدات أو آلات ثقيلة الوزن .

(٦) يجب ألا يقترب العامل أو يتواجد تحت ذراع الرافعة التي تستخدم في إنزال المواسير بالخنادق .

(٧) في حالة حفر الخنادق الطولية العميقة وبيارات تجميع مياه المجاري ؛ يجب العمل فيها بعناية خاصة بسبب الأخطار التي يمكن أن تحدث ويراعى عند إنشائها ما يلي : —

(أ) التأكد من سند جوانب الحفر ومنع انهياره .

(ب) إقامة حواجز أمينة حول الحفر لحماية الأشخاص والحيوانات من

السقوط فيه ، وذلك للحفر الذي يزيد عن واحد متر من سطح الأرض .

(جـ) يجب توفير حواجز مماثلة لممر المصعد الرأسي وأيضا لبئر السلم .

(د) يجب نقل ناتج الحفر بعيدا بمسافة كافية عن الحفر ، حيث أن وجودها على جانبي الحفر يسبب ضغطا كبيرا يساعد على انهيار جوانب الخندق .

تشغيل الماكينات

(١) عند استعمال الماكينات الثاقبة أو ماكينات التسنين أو ماكينات النشر ، يجب فحص أجزائها فحصا جيدا للتأكد من صلاحيتها للعمل ومراعاة الآتي : —

(أ) وجود إضاءة كافية

(ب) التأكد من وسائل الحماية اللازمة أثناء التشغيل .

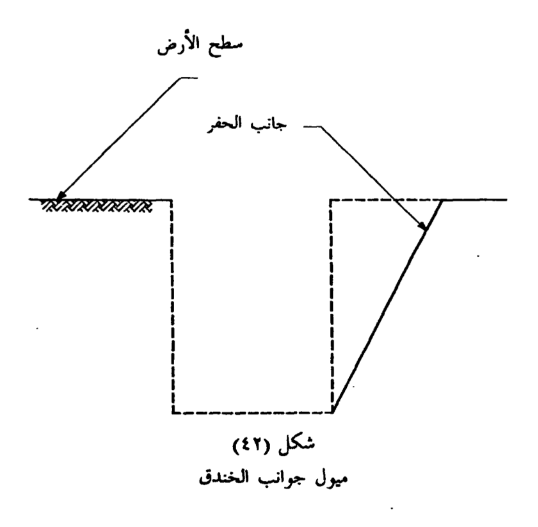
(جـ) سلامة التوصيلات الكهربائية بما في ذلك توصيلات الأرضي .

(د) التأكد من تشغيل الماكينة حسب الإرشادات والتعاليم الفنية الخاصة بها من قبل الشركة المنتجة لها .

(هـ) وجود المعدات الوقائية اللازمة لعملية التشغيل .

(٢) تزود جميع الماكينات بمفتاح أمان علاوة على المفتاح العادي الخاص بتشغيل الماكينة وإيقافها . والغرض من مفتاح الأمان هو إيقاف الماكينة بسرعة وسهولة في حالة حدوث أي حادث ، ويكون المفتاح مطلي باللون الأحمر ، كبير الحجم ، بارزا ، وظاهرا ، حتى يمكن استعماله بسهولة وبسرعة .

(٣) يمكن أن تتسبب عجلة التجليخ في أخطار جسيمة في حالة انفجار عجلة التجليخ وتطاير شظاياها لمسافات قد تصيب الأشخاص القريبة من المكان إصابات خطيرة . ويجب حماية العين عند استخدام هذه الآلة وذلك بوضع النظارة المناسبة لهذا الغرض .



شكل (٤٢)
ميول جوانب الخندق

تكون الميول في حالة عدم سند الجوانب كالآتي (أفقي : رأسي) : —

— في التربة الصخرية المتماسكة تكون جوانب الحفر رأسية
— في التربة الزلطية المتماسكة تكون الجوانب بميل ١ : ٢
— في التربة المتوسطة في تكوينها وتماسكها تكون الجوانب بميل ١ : ١
— في التربة الرملية المضغوطة يكون ميل الجوانب ٣ : ٢
— في التربة الضعيفة يكون ميل الجوانب ٢ : ١

إستخدام القوى الكهربية :

(١) قبل استخدام أي معدات كهربية يجب قراءة طريقة استعمالها جيدا ، ليس خوفا على إفسادها ولكن خوفا على حياة من يستخدمها .

(٢) عند وضع إضاءة مؤقتة في أماكن قريبة من المطارات ، يجب أن يكون ذلك بالتنسيق مع إدارات الطيران حتى لا تتداخل هذه الإضاءة ليلا مع إضاءة ممرات الهبوط في المطار .

(٣) يفضل استعمال تيار كهربي ١١٠ فولت لأنه أكثر أمانا من التيار ٢٤٠ فولت التي تكون الصدمة الكهربية منه قوية ومميتة في بعض الأحيان . وفي حالة إذا كان التيار في الموقع ٢٤٠ فولت ، فيمكن استخدام محول كهربي لتحويل التيار الكهربي إلى ١١٠ فولت ، ويجب الحرص في استعمال المحول أيضا .

(٤) يمكن استخدام مولد كهربائي صغير إذا كان هناك احتمال لقطع التيار الكهربي .

(٥) يجب التأكد من أن المعدات الكهربية معزولة تماما وتكون مزودة بالتوصيل الأرضي .

(٦) لا يسمح بوضع الكابلات الكهربية المرنة على الأرضيات حيث تكون عرضة للتلف ، ويجب تعليقها وتثبيتها على ارتفاع كافي بعيدا عن أي احتمال لتلفها .

(٧) يفضل أن تكون فيشة الأجهزة ثلاثية حتى يمكن توصيل الطرف الثالث منها بسلك أرضي لامتصاص ما ينتج من قفل الدائرة الكهربية وتأثيره على العاملين بهذه الأجهزة .

(٨) تعتبر الآلات التي ليس لها توصيل أرضي هي المسئولة عن أكثرية هذه الحوادث ، وخاصة آلات الدق والثقب والنشر .

(٩) حينما تكون كابلات توصيلات الأرضي مكشوفة ، تكون في منتهى الخطورة لأن العامل إذا لمسها متعمدا أو عابثا أو لاهيا ، فإن العامل سيصبح في هذه الحالة هو الأرض التي سيفرغ فيه الكابل بشحنة الكهرباء .

السوائل المستخدمة في لحام البلاستيك :ـــ

تكون عادة هذه المواد قابلة للاشتعال ، وسامة بدرجات متفاوتة ، ولذلك يجب أن تكون أعمال اللحامات بعيدة عن الحرارة . ويراعى عدم تعرض العين أو الجلد لهذه السوائل ،

وعدم استنشاق أي أبخرة قد تنتج عن اللحام .

وفي حالة التعرض لهذه السوائل ، يجب في الحال استخدام المياه لغسيل المكان الذي وصل إليه السائل ، وفي حالة إصابة العين يجب استمرار غسيلها لمدة خمسة عشر دقيقة .

ويجب اتباع الاحتياطات الخاصة بكل نوع من هذه المواد والخاصة بالوقاية من أخطارها .

ويجب أن يكون العامل المختص ملما إلماما تاما بالمواصفات الفنية لهذه المواد ، حيث تظهر بالأسواق مواد جديدة بصفة مستمرة يدخل في تركيبها مواد كيمائية يجب التعامل معها بحرص .

المواد القابلة للاشتعال :

ويجب استعمال هذه المواد بحرص شديد وتخزينها في أماكن مناسبة يسهل حمايتها من ارتفاع درجات الحرارة والعوامل المسببة للاشتعال ، كما أن هذه المواد يجب تخزينها في عبوات مناسبة لا تساعد على اشتعالها . كما يجب استعمال مواد الدهانات بحرص ودراية ومعرفة تامة بمكوناتها والأضرار الناتجة من التعرض لها .

لحام الكهرباء :

في حالة استخدام هذه اللحامات يراعى الآتي : —

١) التأكد قبل استخدام أدوات الحام بالكهرباء من أنها جافة تماماً وفي حالة وجود بلل بها ، يجب تجفيفها تماماً قبل استخدامها .
٢) يتم فرد سلك اللحام قبل البدء في استخدامه .
٣) عدم لف الكابلات المستخدمة حول جسم العامل أو حول ذراعه أثناء العمل .
٤) يستخدم العمال ملابس وأقنعة واقية من خطر اللحام .

أعمال اللحامات :

١) يجب أن تتم في مكان مكشوف بعيداً عن المواد القابلة للاشتعال ، مع توفير وسائل إطفاء مناسبة في هذه الأماكن .

٢) يقوم بأعمال اللحامات عمال على درجة عالية من الكفاءة والتدريب ويوضع في مكان العمل مطبوعات تحوي كيفية استعمال أدوات اللحام والوقاية من أخطارها .

٣) تكون المواد المطلوب لحامها نظيفة وخالية من أي شحومات أو مواد سامة أو حامضية أو قابلة للاشتعال .

٤) تستخدم أقنعة خاصة لحماية العيون لعمال اللحام ومن يعملون في أماكن مجاورة ويكونوا معرضين لتأثير الأشعة الضارة الناتجة من عملية اللحام .

٥) تستخدم ملابس خاصة لعمال اللحام لحمايتهم أثناء العمل .

٦) الحذر الشديد في حالة استخدام آلات تدور بسرعة كبيرة أثناء العمل .

٧) تستخدم التهوية الميكانيكية سواء كانت مرواح شفط أو غيرها في الحالات الآتية : ــ

أ ــ إذا كان ارتفاع ورشة اللحام أقل من خمسة أمتار .

ب ــ إذا كان حجم الفراغ في ورشة اللحام يقل عن ٣٠٠ م^{٣} لكل عامل .

جـ ــ في حالة استخدام التهوية الميكانيكية يكون معدلها في تغيير الهواء لا يقل عن واحد متر مكعب في الثانية .

أعمال اللحام بالغاز :

يجب أخذ الحيطة التامة عند استخدام الغازات في أعمال اللحام خاصة أن هذه العملية مصحوبة دائما بوجود اللهب ، ولذلك يجب مراعاة الآتي بكل دقة وأمانة : ــ

١) توضع اسطوانات الغاز بعيداً عن مصادر الحرارة .

٢) يكون تخزين هذه الأسطوانات في مكان جاف به تهوية كافية وحماية كاملة من أخطار الحريق ، وبعيداً بمسافة لا تقل عن ٧ متر عن المواد القابلة للاشتعال .
٣) توضع أغطية مناسبة فوق الصمامات في حالة تخزينها بدون استعمال .
٤) توضع اسطوانات الأكسجين بعيدة بمسافة لا تقل عن ٧ متر من أسطوانات الغاز أو المواد القابلة للاشتعال .
٥) تقفل جميع صمامات الأسطوانة في حالة عدم استعمالها .
٦) الحرص التام في نقل الأسطوانات وعدم تركها في وضع رأسي بدون سندها لمنع وقوعها وحدوث أي تلفيات بها تقلل من درجة الأمان بها .
٧) يراعى استبدال أو إصلاح أي خراطيم متصلة بالأسطوانة عند حدوث أي تلفيات بها .
٨) يجب أن تكون إسطوانات اللحام خاضعة للتفتيش الدوري من قبل الجهات المعنية بالأمن الصناعي .
٩) يجب التأكد قبل استعمال الانابيب من أنها مختومة بما يفيد سلامتها .
(١٠) يكون تحميلها على سيارات النقل عن جوانب السيارة ومؤخرتها لضمان سلامتها أثناء النقل ، وعند إنزالها تستخدم الأدوات المناسبة التي لا تتسبب في سقوطها أو تلف الأجزاء الحساسة بها .
(١١) يتم فصل اسطوانات غاز الوقود وتخزينها في غرف منفصلة عن إسطوانات غاز اللحام .
(١٢) لا يسمح بالتدخين إطلاقا في مواقع تخزين الاسطوانات ، وتوضع اللافتات الخاصة بذلك في أماكن متعددة وظاهرة .
(١٣) يكون تخزين الاسطوانات رأسيا .
(١٤) لا يسمح بتخزين مواد أخرى مع اسطوانات الغاز ولا يسمح باستخدام المكان لأى غرض آخر .

(١٥) نستبعد الأحماض والزيوت والمواد البترولية من موقع التخزين .

(١٦) يجب التأكد من عدم تسرب الغاز أي أنبوبة وذلك باتباع الطرق التي توصى بها الشركة المنتجة .

(١٧) لا يسمح بفتح أي صمام على الأنبوبة في مكان قريب من مصادر الاشتعال .

(١٨) في أثناء اللحام يجب أن تكون لمبة اللحام بعيدة تماما عن الأنبوبة .

(١٩) في حالة استخدام إسطوانات الأسيتيلين ؛ إذا لوحظ ارتفاع درجة حرارتها ؛ يتم اغلاق الصمام فورا وتنقل الاسطوانة في العراء ويتم تبريدها بالماء بأسرع ما يمكن وفي نفس الوقت يخطر رجال الاطفاء بالموقع أو خارجه ، وتستبعد مثل هذه الاسطوانات من التشغيل حتى يتم اختبارها بواسطة الشركة الموردة .

(٢٠) يجب التحكم في تطاير الشرر وأجزاء مواد اللحام حتى لا تلامس الإسطوانات والخراطيم المتصلة بها لمنع حدوث أي حريق .

(٢١) كلما أمكن ذلك لا يسمح بجر الخراطيم على الأرضية لمنع تلفها من إحتكاكها بالأدوات والمواد المعدنية .

(٢٢) تفتح صمامات الاسطوانة تدريجيا وببطيء لتلافي الزيادة في الضغط .

(٢٣) عند غلق الصمام يجب عدم زيادة الضغط عليه أكثر من اللازم حتى لا يؤثر ذلك في سلامة الصمام .

(٢٤) تكون بدلة الورشة التي يرتديها العامل خالية من الزيوت والشحوم .

(٢٥) يجب تغيير القفازات كلما تآكلت حيث أن قربها من اللهب يساعد على تآكلها .

(٢٦) يجب ارتداء نظارات واقية تناسب عملية اللحام وذلك لوقاية العين من المعادن المنصهرة ومن توهج اللهب ومن الشرر المتطاير .

(٢٧) يجب أخذ الحيطة الكاملة عند عمل اللحامات في البدرومات والأنفاق

ولا يخاطر العامل بإجراء هذه الأعمال إلا بعد التأكد من اتباع كافة الاجراءات الأمنية التي تحميه حسب ظروف كل عمل وطبيعة المكان الذي يتم فيه أعمال اللحام وفي هذه الحالة لا يكون عامل اللحام وحيدا في الموقع ويكون مصرفنى آخر بجوار الاسطوانة ليقوم بإغلاقها بسرعة في حالة حدوث أي شيء .

(٢٨) لا يتنفس العامل أبدا بالأكسجين النقي لتأثيره على الرئة .

(٢٩) يجب عدم زيادة تركيز الأكسجين النقي في حيز محصور لأن ذلك يساعد في احتمالات حدوث الحريق .

(٣٠) يجب عدم استعمال لمبة اللحام في الخزانات والأوعية التي تحتوي على آثار لمواد قابلة للاشتعال ، ويجب قبل عملية اللحام إزالة أي أثر لهذه المواد .

الاحتياطات اللازمة عند استعمال غاز ثاني أكسيد الكربون

ثاني أكسيد الكربون غاز غير قابل للاشتغال وغير سام ، إلا أنه شديد الانجذاب لغاز الأكسجين ويمكن أن ينتزعه من الهواء بسرعة في الموقع المحيط به ، ولذلك يجب أن تكون التهوية كافية في الأماكن التي يستعمل فيها هذا الغاز . وغاز ثاني أكسيد الكربون شديد البرودة لدرجة تسبب الحروق ، ولذلك يجب ارتداء القفازات المناسبة لهذا الغرض :

ويجب تخزين اسطوانات ثاني اكسيد الكربون في غرفة داخلية بعيدا عن أي مصدر للحرارة ، وتكون مزودة بجهاز إنذار يحدث صوتا إذا ارتفعت درجة الحرارة حولها أعلا من ٥٠ درجة مئوية ، ويجب نقل الاسطوانات بطريقة خاصة لا تعرضها للخطر .

الغاز الطبيعي :

ليس له رائحة في صورته الطبيعية ، ولتلافي الأخطار المحتملة من الغاز يضاف له أحيانا مواد كيمائية ذات رائحة . ويتكون الغاز الطبيعي من : —

٩٣ ٪ ميثان

٣ ٪ إيثان

٢ ٪ بروبين

١ ٪ البيوتان

١ ٪ نتروجين

الاحتياطات الواجب اتخاذها في تركيب خطوط الغاز

تقع مسئولية سلامة هذه الأعمال وسلامة الناس عامة على : —

أ — الفريق الفني الذي يقوم بتركيب هذه الخطوط

ب — شاغلي الوحدات السكنية والمباني العامة والخاصة على اختلاف أنواعها المزودة بخطوط الغاز حيث يجب في حالة احتمال تسرب الغاز ، غلق المحبس فورا وإبلاغ مؤسسة الغاز بذلك .

ويجب مراعاة العوامل الآتية في الامداد بالغاز الطبيعي : —

(١) توضع محابس الغاز ، والمرشح والمنظم والعداد في مكان يمكن الوصول إليه بسهولة حتى يمكن كل من مؤسسة الغاز والمستعملين للغاز من مراعاة وصيانة هذه المعدات .

(٢) في أعمال الصيانة التي تشمل إستبدال بعض المواسير وملحقاتها ؛ يجب الاتصال بمؤسسة الكهرباء لاحتمال توصيل كابلات التأريض بمواسير الغاز ، وذلك لتلافي أي أخطار تنتج من كسر هذه الكابلات .

(٣) تكون المواسير المستخدمة في خطوط الغاز معتمدة من مؤسسة الغاز ، ومتينة وصلبة . وتكون وصلات المواسير مناسبة لهذا الغرض .

(٤) في حالة مرور المواسير في الأرضيات توضع داخل جراب محكم حتى إذا حدث تسرب لا يتسبب في تجميع الغاز في هذا الفراغ .

(٥) لا توضع مواسير الغاز تحت أساسات المباني .

(٦) لا توضع مواسير الغاز تحت حوائط المباني .

(٧) لا توضع المواسير في مسارات تعرضها للضغط .

(٨) عند تركيب أي جهاز جديد يعمل بالغاز يجب التأكد من وجود هواء كافى لعملية الاشتعال ، وخروج ناتج الاحتراق للهواء الخارجي .

(٩) يجب ضبط معدل استهلاك الغاز ، حيث أن زيادة المعدل عن قيمته المحددة ينتج عنه غاز أول أكسيد الكربون .

* * *

الملاحق

الوحدات

tera	تيـــرا	=	$١٠^{١٢}$
giga	جيجـــا	=	$١٠^{٩}$
mega	ميجـــا	=	$١٠^{٦}$
kilo	كيلـــو	=	$١٠^{٣}$
hecto	هبكتـــو	=	$١٠^{٢}$
deka	ديكـــا	=	١٠
deci	ديسي	=	$١٠^{-١}$
centi	سنتـــي	=	$١٠^{-٢}$
milli	مللـــي	=	$١٠^{-٣}$
micro	ميكـــرو	=	$١٠^{-٦}$
nano	نانـــو	=	$١٠^{-٩}$
pico	بيكـــو	=	$١٠^{-١٢}$
femto	فيمتـــو	=	$١٠^{-١٥}$
atto	أتـــو	=	$١٠^{-١٨}$

١ كيلـومتـر = ٠,٦٢١٤ ميل

١ ميل = ١,٦٠٩ كيلو متر

١ متر = ٣,٢٨١ قدم = ١,٠٩٤ ياردة

١ قدم = ٠,٣٠٤٨ متر

١ ياردة = ٠,٩١٤٤ متر

١ م^{٢} = ١٠,٧٦ قدم مربع

١ هكتار = ١٠٠٠٠ متر مربع

= ٢,٤٧١ فدان

١ قدم مربع = ٠,٠٩٣ م^{٢}

١ فدان = ٤٠٤٦,٩ م^{٢}

= ٠,٤٠٥ هكتار

١ م^{٣} = ٣٥,٣١ قدم مكعب

١ قدم مكعب = ٠,٠٢٨٣ م^{٣}

جالون أنجليزي = ٤,٥٤٦ لتر

جالون أمريكي = ٣,٧٨٥ لتر

١ نيوتن N = ٠,٢٢٤٨ رطل

١ رطل = ٤,٤٤٨ نيوتن N

١ طن = ٩,٨١ كيلو نيوتن

١ كيلو جرام = ٢,٢٠٥ رطل = ٩,٨١ نيوتن

١ رطل = ٠,٤٥٤ كيلو جرام

١ كيلو جرام /م^{٢} = ٠,٢٠٥ رطل / قدم مربع

١ كيلو جرام /م^{٣} = ٠,٠٦٢٤ رطل / قدم مكعب

رطل / قدم مربع = ٤,٨٨٢ كيلو جرام / م^{٢}

رطل / قدم مكعب = ١٦,٠١٩ كيلو جرام / م^{٣}

١ ضغط جوي = ١٤,٧ رطل / بوصة مربعة

١ كجم / سم^{٢} = ١٤,٢٢٣ رطل / بوصة مربعة

١ N / مم^{٢} = ١٤٥,٠٣٨ رطل / بوصة مربعة

١ رطل / بوصة مربعة = ٠,٠٧٠٣ كجم /سم^{٢}

= ٠,٠٠٦٩٥ N / مم^{٢}

١ N (نيوتن) / مم^{٢} = ١٠,١٩٧ كجم / سم^{٢}

١ م^{٣} / ثانية = ٣٥,٣١ قدم مكعب / ثانية

= ١٩ مليون جالون / يوم

١ قدم مكعب / ثانية = ٠,٠٢٨٣ م^{٣} / ثانية

١ مليون جالون في اليوم= ٠,٠٥٢٦٢ م^{٣} / ثانية

١ مم مياه أمطار / كم^{٢} = ١٠٠٠ م^{٣}

١ درجة مئوية = ١,٨ درجة فهرنهيت

١ درجة فهرنهيت = ٠,٥٥ درجة مئوية

درجة مئوية = $\frac{٥}{٩}$ (درجة فهرنهيت − ٣٢)

درجة فهرنهيت = (درجة مئوية × $\frac{٩}{٥}$) + ٣٢

BTU = ٠,٠٠٠٢٩٣ كيلوات ساعة (KW - hr)

= ١,٠٦ كيلو جول (KJ)

= ٢٥٢ كالورى

كالورى = ٤,٢ جول

= ٠,٠٠٣٩٧ BTU

جول = ٠,٢٣٩ كالورى

= ٠,٧٣٧ قدم ـ رطل

= ٠,٠٠٠٢٧٨ وات ـ ساعة (W-hr.)

=٠,٠٠٠٩٤٨ BTU

كيلوات ساعة = ٣,٦٠ ميجا جول

= ٣٤١٢ BTU

وات = ٣,٤ BTU/hr

كيلو باسكال = ٠,٠٠٩٨٧ ضغط جوي

= ٠,١٤٥ رطل / بوصة مربعة

١ متر ضغط = ٩,٨ كيلو باسكال

1 Btu/ h = 0. 2931 W

1 Btu/ s = 1055.1 W

1 Btu/ (h.Ft^2) = 3.1525 W/m^2

طاقة الفرد البشرى = ٨٠ وات

طاقة الحمار = ١٨٠ وات

طاقة البغل = ٣٧٠ وات

طاقة الثور = ٥٠٠ وات

طاقة الحصان = ٧٥٠ وات

١ حصان HP = ٧٤٥,٧ وات

= ٠,٧٤٦ كيلووات

١ كيلوات =١,٣٤١ حصان

* * *

المــــراجع

١ ــ د. محمد صادق العدوى ــ التركيبات الصحية للهندسة المعمارية والهندسة المدنية ــ ١٩٨٩

٢ ــ د. محمد صادق العدوى ــ مبادىء في هندسة الإمداد بالمياه ١٩٨٠

٣ ــ د. محمد صادق العدوى ــ دراسة فنية عن أعمال الإمداد بالمياه بشركة مصر للألومنيوم ــ ١٩٨٠

٤ ــ دلائل جودة مياه الشرب ــ الجزء الأول ــ التوصيات ــ منظمة الصحة العالمية ــ ١٩٨٤

٥ ــ د . إبراهيم عبيد و ــ د . محمد صادق العدوي (مبادىء في الهندسة المدنية) .

(6) Brock, D.a., Determination of Optimum Storage in Distribution System Design». JAWWA,. August, 1963.

(7) Cozad, F.D., "Water supply For Fire Protection"» 1981

(8) Schroeder, E.D., water and Wastewater Treatment». 1977.

(9) Barnes, D., and Others, Water and Waste Water Engineering Systems».

(10) Sen, R.N., Water supply and Sewerage» 1981.

(11) Ecken Felder Jr, W.W.Principles of Water Quality Management», 1980.

(12) Culp, G.L. and Culp, T.L. New Concepts in water Purifications». 1974.

(13) Limsley, R.K., Water Resources Engineering». 1972

(14) Freeze, S.W. Peak Demand Storage» JAWWA, 49-263, Mar, 1957.

(15) FEE,J.R., Planning Distribution Storage», JAWWA, 52-714; June 1960

(16) Newmayer, C.A., JR, Determining Recharge and Equalizing Storage, JAWWA, Apr, 1962.

(17) Feachem, R., and others, "Water, wastes, and health in hot climates" 1978

(18) Hall, F., "Water installation and drainage systems" 1980

(19) Johnosn, E.E., Ground Water and Wells, 1972.

(20) Walton, W.C., Selected Analytical Methods for Well and aquifer evaluation.

(21) P.Nash, Industrial Safety Hand Book, 1980.

(22) L.B. Escritt, Water Supply and Building Sanitation, 1972.

(23) Sharp, B.B "Water Hammer, Problems and Solutions" 1981

(24) Twort, A.c., and others; "Water supply" 1985

* * *

محتويات الكتاب

صفحة

* * *

الجداول

صفحة

الرسومات التوضيحية

